Beiträge

zur

Biochemie des Bodens.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen philosophischen Fakultät

der

Universität Leipzig

ACAD. LUGD BAT. BIBL.

vorgelegt von

Rudolf Moll

aus **Arolsen** (Waldeck).

Weida i. Th.
Druck von Thomas & Hubert
Spezialdruckerei für Dissertationen
1909.

Angenommen von der philosophisch-historischen Sektion auf Grund der Gutachten der Herren

Kirchner und Pfeffer.

Leipzig, den 9. März 1909.

Der Procancellar.

Köster.

Meinem lieben Onkel

Herrn Eisenbahn-Verkehrsinspektor **Emil Moll** in Braunschweig

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546804_0043

Inhalt.

Seite

I. Einleitung 7
II. Plan der Untersuchungen 8
III. Untersuchungsmethoden 9
IV. Boden und Witterung 19
V. Ergebnisse der Umsetzungsversuche 23
1. Einfluß der Jahreszeit und Witterung 24
2. Einfluß der Düngung 41
VI. Zusammenfassung 56
VII. Anhang: Tabellen 59

I. Einleitung.

Durch zahlreiche Untersuchungen aus neuerer Zeit wissen wir mit Sicherheit, daß eine große Anzahl der im Erdboden nach verschiedenen Richtungen hin verlaufenden Umsetzungsprozesse durch die Lebenstätigkeit zahlreicher Mikroorganismen bedingt ist. Insbesondere sind fast alle Umsetzungen, denen der Stickstoff im Boden unterliegt, rein biochemischer Natur. Entsprechend der großen Bedeutung, die das Schicksal des Stickstoffs für die Landwirtschaft hat, sind auch verhältnismäßig zahlreiche Untersuchungen über die bei diesem Prozesse in Betracht kommenden Bakterienspezies ausgeführt, so daß wir über die Morphologie und Physiologie der Stickstoffbakterien im allgemeinen hinreichend orientiert sind. Die biochemische Seite jedoch, die Frage, inwieweit Jahreszeit, Witterung, Düngung und andere Faktoren auf den durch die Mikroorganismen herbeigeführten Umsetzungseffekt im Boden einwirken, ist bis jetzt in bedeutend geringerem Umfange erforscht.

Und doch sind gerade derartige Untersuchungen von größter Bedeutung: Wenn es gelänge, mit Hilfe biochemischer Untersuchungsmethoden ein klares Bild über die Fruchtbarkeit und das Düngerbedürfnis eines Bodens zu bekommen — was bisher durch rein chemische und physikalische Methoden nur zu einem Teile möglich war — so wäre Bedeutendes geleistet.

Wenn wir auch, soweit die bisher veröffentlichten Arbeiten in Frage kommen — wie oben erwähnt, sind es nicht viele — weit entfernt sind von einer einwandfreien Methode, die gleichsam als Reagens auf Fruchtbarkeit und Düngung gelten könnte[1]), so dürften wir doch aus entsprechend durchgeführten

[1]) Einige Forscher, unter ihnen in erster Linie Christensen (Zentralb. f. Bakteriologie II. Abt., Bd. 27, p. 109), wollen das Auftreten und die Wirk-

Untersuchungen einen tieferen Einblick über den Verlauf der verschiedenen, für das Wachstum der Kulturpflanzen so notwendigen Stickstoffumsetzungen erhoffen.

In diesem Sinne sind auch die nachstehenden Untersuchungen unternommen, die es sich vor allem zum Ziele steckten, einen Beitrag für den Einfluß von Jahreszeit, Witterung und Düngung auf die Tätigkeit verschiedener Gruppen von Stickstoffbakterien zu liefern.

II. Plan der Untersuchungen.

Die zur Untersuchung auf ihren biochemischen Charakter benutzten Parzellen liegen auf dem Versuchsfelde des landwirtschaftlichen Institutes der Universität Leipzig in Oberholz; alles nähere über diesen Boden ist in dem „Boden und Witterung“ überschriebenen Abschnitt IV dargetan.

Meine Untersuchungen sollten sich vor allem auf die Beantwortung folgender Fragen erstrecken:

1. In welcher Weise wird die Tätigkeit der Mikroorganismen durch die Einwirkung von Jahreszeit und Witterung beeinflußt?
2. In welcher Weise werden die Bodenorganismen durch die Düngung beeinflußt, d. h. lassen die verschieden gedüngten Parzellen deutlich wahrnehmbare Unterschiede hinsichtlich ihres biochemischen Verhaltens erkennen; insbesondere, können diese Unterschiede mit Erfolg als Kriterium für die Fruchtbarkeit bezw. das Düngerbedürfnis der betr. Böden in Betracht gezogen werden?

samkeit einer stickstoffbindenden Art, des Azotobacter chroococcum, als Reagens *κατ' ἐξοχήν* auf Phosphorsäure und Kalk angesehen wissen. Wenn auch zugegeben werden muß, daß das Vorhandensein von Phosphorsäure und Kalk einen deutlich wahrnehmbaren Einfluß — unter bestimmten Voraussetzungen — auf die stickstoffbindenden Bakterienspezies auszuüben vermag, so dürfen doch, wie auch diese Arbeit von neuem gezeigt hat, aus diesem Verhalten vorläufig keine verallgemeinernden Schlüsse gezogen werden.

Obige beiden Fragen wurden an der Hand folgender Umsetzungsversuche studiert:

I. Bildung von Ammoniak aus Pepton (Vergleich der Handelspräparate „Witte“ und „Merck“;
II. Bildung von Salpeter aus $(NH_4)_2SO_4$;
III. Bindung von Stickstoff durch frei lebende Bakterien;
IV. Festlegung von Ammoniakstickstoff aus $(NH_4)_2SO_4$;
V. Festlegung von Salpeterstickstoff, aus $Ca(NO_3)_2$.

III. Untersuchungsmethoden.

Chemische und physikalische Bodenanalysen können wertvolle Anhaltspunkte für die Fruchtbarkeit und das Düngerbedürfnis eines Bodens geben. Alle Bestrebungen jedoch, die dahin zielten, lediglich auf Grund chemischer Analysenbefunde über das (etwaige) Düngerbedürfnis eines Bodens zu entscheiden, haben zu keinem befriedigenden Ziele geführt. Ganz abgesehen davon, daß alle Pflanzennährstoffe im Boden in der Regel nur in relativ äußerst geringen Mengen vorkommen, so daß hier Analysenfehler, wie sie ihren Grund lediglich in der Ungenauigkeit der Methoden haben, zu ganz bedeutenden Irrtümern Anlaß geben können — ganz abgesehen von eben diesen Umständen, verläuft aber auch eine ganze Reihe von Umsetzungen, so besonders die weitaus wichtigsten: die Stickstoffumsetzungen, immer nebeneinander und ineinander übergehend, daß es wohl schwerlich möglich werden wird, alle diese verwickelten Prozesse auf Grund rein chemischer Methoden aufzuklären und so ein klares Bild über die „Physiologie des Bodens“, wie ich sie bezeichnen möchte, zu erlangen.

Hier können einzig und allein biologische Methoden zum Ziele führen, wenngleich der große Wert und die Bedeutung chemischer Bodenuntersuchungen in keiner Weise verkannt werden soll. Jedoch handelt es sich bei derartigen Unter-

suchungen gewöhnlich nur um die Feststellung des Mengenverhältnisses verschiedener Nährstoffe, „und schon dann, wenn es sich darum handelt, etwa die Nitrifikation oder die N-Assimilation mit in den Kreis der Untersuchungen zu ziehen, sah man sich genötigt, zu besonderen Gefäßversuchen zu greifen und ging damit zu wesentlich anderen Versuchsbedingungen über, als sie im freien Felde gegeben sind.“ [1])

Was die bisher veröffentlichten bodenbakteriologischen Untersuchungen betrifft, so befaßten sich die damit beschäftigten Autoren, wie namentlich Hiltner, Störmer, Thiele[2]) in der Regel nur damit, die Zahl der in einer bestimmten Quantität Boden vorhandenen Mikroorganismen zu ermitteln. Ganz abgesehen davon, daß auf diese Weise nur ein äußerst kleiner und landwirtschaftlich wenig wichtiger Teil des betreffenden Ackerbodens einer Untersuchung unterzogen wird, berücksichtigt man, wie dies Behrens[3]) und Löhnis[4]) treffend hervorheben, nur den einen Faktor der durch die Bakterientätigkeit hervorgerufenen Wirkung im Ackerboden. Dieser durch die Bakterientätigkeit bewirkte Effekt ist aber als das Produkt zweier Faktoren anzusehen: als das Produkt aus Zahl und Wirksamkeit der an den betreffenden Umsetzungen beteiligten Mikroorganismen. In dem gesamten Reiche der Organismen ist jedoch der Faktor der Leistungsfähigkeit der ausschlaggebende.[5])

Bei meinen Versuchen nun kommt eine Methode zur Anwendung, die es gestattet, dieses Produkt aus Zahl und Leistungsfähigkeit der Mikroorganismen zahlenmäßig festzustellen. In ihren ersten Anfängen stammt sie von Warrington[6]); für vergleichend bodenbakteriologische Untersuchungen bediente

---

[1]) cf. Löhnis, „Mittlgn. d. Landwirtschaftl. Instituts, Leigzig, VII, p. 7.

[2]) Hiltner und Störmer, Arb. aus d. Kais. Gesundh.-Amt 3, 1903, Heft 5, sowie Thiele, Centralbl. für Bakteriol. II, Bd. 11, p. 252.

[3]) Behrens, Mitt. d. Dtschn. Ges. 1904, p. 181.

[4]) Löhnis, l. c., p. 7.

[5]) Löhnis, l. c.

[6]) Warrington, l. c.

sich ihrer zuerst Remy.[1]) Im Prinzip besteht diese Methode in folgendem: Man impft die für die verschiedenen Umsetzungen entsprechend zusammengesetzten Nährlösungen mit relativ großen Mengen Erde und bestimmt am Schlusse der Versuchsdauer auf chemischem Wege den bewirkten Umsetzungseffekt.

Da durch solche Versuche in Nährlösungen die Umsetzungen weit schneller und unter weit günstigeren Bedingungen verlaufen, als auf freiem Felde, so haben die an der Hand derartiger Versuche ermittelten Befunde lediglich Vergleichswert.

Löhnis[2]) hebt zwei Punkte hervor, die bei der Anstellung derartiger Versuche beachtet werden müssen:

„1. Sämtliche Umsetzungen müssen durch quantitative Analysen in ihrem Verlaufe und Umfange festgestellt werden.

2. Die Lösungen sollen derart zusammengesetzt sein, daß die in denselben sich vollziehenden Umsetzungen innerhalb einer angemessenen Zeit hinreichend, aber nicht zu weit fortschreiten, d. h. die Umsetzungen dürfen nicht so rasch verlaufen, daß die etwa im Anfang vorhandenen Unterschiede infolge einer allzu regen Entfaltung der Bakterientätigkeit sich bald der Feststellung entziehen, andererseits muß spätestens nach Ablauf eines Monats eine deutlich wahrnehmbare Umsetzung eingeleitet sein."

An dieser Stelle seien daher die Zusammensetzung der für die verschiedenen Umsetzungsversuche benötigten Lösungen und die analytischen Methoden einer kurzen Beschreibung unterzogen.

Zu sämtlichen Umsetzungsversuchen wurde — mit Ausnahme des ersten (Peptonzersetzung) — ein Bodenextrakt nach der von Störmer modifizierten Vorschrift Löhnis'[3]) verwandt. Dieser Bodenextrakt zeigt sich, wie mehrere Arbeiten gelehrt

[1]) Remy, Centralbl. f. Bakteriologie II, Bd. 8, 1902, p. 657.

[2]) Löhnis, l. c., p. 9.

[3]) Vgl. Löhnis, Centralbl. f. Bakteriologie, Abt. II, Bd. 12, p. 462 und Löhnis u. Pillai, l. c., Bd. 19, p. 88: 1 kg Erde.

haben, dem destillierten Wasser mit verschiedenen Zusätzen weit überlegen. Es leuchtet ein, daß die aus den verschieden gedüngten Böden gewonnenen Extrakte den abweichenden chemischen Charakter der betreffenden Böden gut zur Geltung kommen lassen, ganz abgesehen davon, daß ein derartiges Nährsubstrat weit mehr den natürlichen Verhältnissen entspricht, als dies eine künstliche Lösung tun kann.

1. Versuche über Peptonzersetzung.

Zusammensetzung der Lösung: Leitungswasser + 1% Pepton „Witte" bezw. „Merck"; beide mit 12,50% N. Portionierung: je 50 ccm entsprechend 62,50 mg N, in 200 ccm Schottschen Verbrennungskölbchen.

Löhnis hatte 1904 in einer ähnlichen Arbeit Knochenmehl als Repräsentant eines organischen stickstoffhaltigen Düngemittels gewählt. In der Tat trägt dieses Düngemittel den Verhältnissen in der Praxis mehr Rechnung als Pepton. Da aber die Versuche wiederholt werden sollen, mußten sie mit einem Stoffe ausgeführt werden, der jederzeit in derselben Zusammensetzung beschafft werden kann.

Bei diesen Versuchen gelangte der Einfachheit halber statt Bodenextrakt Leitungswasser zur Verwendung, da nach den Versuchen von Parr[1]) die Unterschiede, die sich bei der Verwendung von Bodenextrakt, bezw. Leitungswasser ergeben, nur gering sind. Aus den Arbeiten des nämlichen Autors[2]) geht weiter hervor, daß sich die Peptone „Merck" bezw. „Witte" hinsichtlich ihrer Zersetzbarkeit durch Bakterien durchaus verschieden verhalten. Wenn daher beide Peptonsorten in den Kreis unserer Untersuchungen gezogen wurden, so geschah dies vornehmlich, um zu ermitteln, welche Peptonsorte am differenziertesten die verschiedenen Einflüsse auf die Mikroorganismentätigkeit wiederzugeben vermöchte.

Gang der Untersuchung: Zu Beginn des Versuches wurde der in 50 ccm obiger Lösung nach Impfung mit Erde

[1]) Parr, Dissertation, Leipzig, 1906.
[2]) Parr, l. c.

durch Destillation mit Magnesia usta abspaltbare Ammoniakstickstoff[1]) bestimmt. Darauf wurde der nach einer Versuchsdauer von 5 Tagen durch die Einwirkung der Bakterien gebildete Ammoniakstickstoff in der gleichen Weise bestimmt. Die aufgefangenen stickstoffhaltigen Destillate wurden hier, wie auch bei den übrigen Versuchen, in $\frac{n}{10}$ H_2SO_4 aufgefangen. Zur Rücktitration diente $\frac{n}{10}$ NH_3.

2. Versuche über Nitrifikation.

Zusammensetzung der Lösungen: Bodenextrakt + 0,1 % $(NH_4)_2SO_4$ + 0,5 ‰ K_2HPO_4 + 1 Messerspitze $CaCO_3$; Portionierung: zu je 50 ccm, entsprechend 10,6 mg N, in 450 ccm Erlenmeyerkolben[2]).

Gang der Untersuchung: Hier wurde zu Beginn des Versuches der in 50 ccm vorhandene Ammoniakstickstoff bestimmt. Darauf wurde nach einer Versuchsdauer von 28 Tagen der in den einzelnen Kölbchen durch die Bakterientätigkeit gebildete Nitrit- bezw. Nitratstickstoff nach Austreiben des noch unveränderten Ammoniaks mit Zink und Eisen in alkalischer Lösung zu Ammoniak reduziert und als solches bestimmt. Um den in der Laboratoriumsluft immer in mehr oder weniger erheblichem Grade vorhandenen Nitrit- bezw. Niratstickstoff mit zu berücksichtigen, wurde von jeder Parzelle 1 Kolben nach Impfung mit Erde durch Zusatz von Sublimat während der Dauer des Versuchs steril gehalten, und in diesem sterilen Kolben der aus der Laboratoriumsluft stammende Nitrit- bezw. Nitratstickstoff bestimmt. Wie aus der Tabelle (II) am Schlusse dieser Arbeit zu ersehen ist, erreicht dieser so gefundene Stickstoff bisweilen recht ansehnliche Werte, so daß seine Vernachlässigung zu recht erheblichen Fehlern führen kann.

---

[1]) Der Ausdruck „Amoniakstickstoff" ist allerdings nicht ganz zutreffend, da durch Destillation mit MgO aus Pepton auch geringe Mengen Amidstickstoff abgespalten werden. Der Einfachheit halber jedoch soll in Zukunft der Ausdruck beibehalten werden.

[2]) Über die Zweckmäßigkeit der Verwendung 0,1 % $(NH_4)_2SO_4$ enthaltender Lösungen vergl. Löhnis, l. c., p. 12.

3. Versuche über Stickstoffassimilation.

Zusammensetzung der Lösungen: Bodenextrakt + 1% Mannit + 0,5‰ K_2HPO_4; Portionierung: zu je 100 ccm in 300 ccm Erlenmeyerkolben.

Obige Zusammensetzung hat sich nach den Untersuchungen Pillais[1]) als zweckmäßig für vergleichend bodenbakteriologische Untersuchungen ergeben. Die der zweiten Versuchsreihe beigegebenen Parallelen (in der Tabelle mit II bezeichnet) sind mit einer Lösung nach den Angaben Christensens[2]) beschickt: Destilliertes Wasser + 2% Mannit + 0,2% K_2HPO_4. Die Portionierung ist die nämliche wie bei den übrigen. Außerdem sind die betreffenden Kolben außer mit Erde noch mit Alzotobakter Rohkultur geimpft. Darauf wird an entsprechender Stelle ausführlich zurückzukommen sein.

Gang der Untersuchung: Nach einer Versuchsdauer von 15 Tagen wurde der gesamte in den einzelnen Kölbchen befindliche Stickstoff nach Kjeldahl bestimmt. Die Verbrennung geschah nach Eindampfen des größten Teils des vorhandenen Wassers durch konzentrierte Schwefelsäure mit Phosphorschwefelsäure unter Zusatz von etwas wasserfreiem Kupfersulfat. Zur Mitbestimmung etwa noch vorhandenen Nitratstickstoffes muß man den Kulturen vor dem Eindampfen noch Eisenstaub hinzusetzen. Da es sich hierbei jedoch nach den Versuchen von Löhnis[3]) um äußerst geringe Stickstoffmengen handelt, die ohne wesentlichen Einfluß auf das Resultat sind, so wählte ich das angegebene einfachere Verfahren.

4. Versuche über Ammoniakfestlegung.

Zusammensetzung der Lösungen: Bodenextrakt + 0,2% $(NH_4)_2SO_4$ + 1% $Ca(C_2H_3O_2)_2$ + 0,5‰ K_2HPO_4. Portionierung: zu je 50 ccm, entsprechend 21,2 mg N, in 300 ccm Erlenmeyerkölbchen.

---

[1]) Pillai, Dissertation, Leipzig, 1908.

[2]) Christensen, Centralbl. f. Bakteriologie II, XVII, p. 110.

[3]) Löhnis, Centralbl. f. Bakteriologie II, XIV, p. 594.

Gang der Untersuchung: Der anfänglich in den Kolben vorhandene Ammoniakstickstoff wurde vor Beginn des Versuches mit Magnesia usta abdestilliert, und nach Beendigung des Versuches der noch vorhandene nicht festgelegte Ammoniakstickstoff in derselben Weise festgestellt.

Über Ammoniakfestlegungsversuche, wie ich sie hier angestellt habe, ist vorher noch nicht gearbeitet. Ich sah mich daher genötigt, nachdem ich durch vergleichende Versuche eine für meine Zwecke brauchbare Nährlösung gefunden hatte, als es sich um die Versuchsdauer handelte, diese ebenfalls durch Ausprobieren festzustellen. Aus diesem Grunde beträgt bei der ersten Hälfte der zweiten Reihe die Versuchsdauer 10 Tage, bei der zweiten Hälfte 20 Tage, während bei der dritten Reihe eine Versuchsdauer von 15 Tagen innegehalten wurde. Da die Vorversuche zu einer zweckmäßig zusammengesetzten Nährlösung und einem brauchbaren Untersuchungsverfahren in die Zeit der ersten Versuchsreihe (März-April) fallen, so sind in der ersten Versuchsreihe die Versuche über Ammoniakfestlegung nicht vertreten.

5. Versuche über Salpetertfeslegung.

Zusammensetzung der Lösungen: Bodenextrakt + 0,5‰ K_2HPO_4 + 0,2% $Ca(NO_3)_2$ + 1% $Ca(C_2H_3O_2)_2$. Portionierung: zu je 10 ccm. entsprechend 4,24 mg N, in 30 ccm-Erlenmeyerkölbchen.

Gang der Untersuchung: die endgültige Salpeterfestlegung wurde durch das Ausbleiben der NO_3H-Reaktion mit Diphenylaminschwefelsäure konstatiert.

Wenn auf p. 11 die Forderung aufgestellt wurde, sämtliche Umsetzungen sollten in ihrem Verlauf und Umfange „quantitativ“ festgestellt werden, so ergibt sich hier ein scheinbarer Widerspruch mit dem Geforderten. Ein scheinbarer jedoch nur, wenn man bedenkt, daß durch diese „qualitativen“ Reaktionen die Festlegung des Nitratstickstoffes „quantitativ“ festgestellt wird. Es wird bei diesem

Verfahren die Zeit bestimmt, nach welcher der gesamte ursprünglich vorhandene Salpeterstickstoff (4,24 mg) bis auf den letzten Rest, d. h. „quantitativ" festgelegt ist. — Auch diese Salpeterfestlegungsversuche wurden von mir in der angegebenen Weise zuerst angestellt, auch hier fallen die Versuche, die zur Ermittelung einer zweckmäßigen Nährlösung dienten, in die Zeit der ersten Versuchsreihe, so daß in der ersten Versuchsreihe nur die zweite Hälfte dieser Umsetzungen, und auch diese ohne Parallelen, vertreten ist.

Sämtliche zur Verwendung gelangenden Nährlösungen und Gerätschaften wurden in der Regel nicht sterilisiert. Die verschiedenen Lösungen wurden immer unmittelbar vor Ansetzung der Versuche hergestellt, so daß die wenigen in den Lösungen und an den im übrigen peinlich sauberen Gefäßen befindlichen Keime gegenüber den relativ großen Impfmengen an Erde in keiner Weise ins Gewicht fallen konnten.

Zur Einleitung der Versuche wurden jeweils die betreffenden Lösungen mit 10% Erde geimpft. „Wenn man bedenkt, daß in 1 mg Boden ca. 5000 „Peptonbakterien" vorhanden sind, so könnte man versucht sein, an Stelle der Verwendung völlig steriler Gefäße vielmehr dem peinlich genauen Abwägen der betreffenden Erdmenge große Bedeutung zuzumessen. Aber auch dieser Punkt ist praktisch nicht von erheblicher Wichtigkeit; jedenfalls kommt es nicht auf Bruchteile von Milligrammen an; denn aus den von mir früher mitgeteilten Zahlen ist zu ersehen, daß sogar die Unterschiede, die durch Verwendung von 10 bezw. 5% Erde hervorgerufen werden, relativ gering sind".[1])

Was die Entnahme der zu den Versuchen benötigten Erdproben anbelangt, so wurde immer in der Art verfahren, daß an zwei ca. 3 m voneinander entfernten Stellen einer Parzelle (Größe: $4 \times 6^1/_4$ m) eine kleine quadratische Grube mit dem Spaten aufgeworfen wurde. Die eine Seite wurde glatt abgestochen, und dann mit einem sauberen Blechlöffel

[1]) Löhnis, l. c. p. 17.

die Erde, die sich in 8—10 cm Entfernung unter der Oberfläche befand — in dieser Tiefe entwickelt sich im Boden des Versuchsfeldes die Hauptmenge der Wurzeln — in Glasbüchsen mit Glasstopfenverschluß gefüllt.

Es wurden also von jeder Parzelle zwei Proben entnommen; wie später zu zeigen sein wird sind diese Proben hinsichtlich ihres bakteriellen Verhaltens vollständig gleichwertig. Mit jeder einzelnen Probe wurden wieder zwei Parallelversuche angestellt, so daß jede Parzelle im ganzen mit mindestens vier Parallelen vertreten war. Eine so große Anzahl von Parallelen erscheint notwendig, wenn man bedenkt, daß man es hier mit lebenden Individuen zu tun hat, die je nach und infolge ihrer individuellen Verschiedenheit unter sonst gleichen Bedingungen durchaus nicht immer gleiche Resultate zu liefern brauchen. Bei den Bestimmungen, die in den sterilen Kolben ausgeführt wurden, fallen selbstverständlich die lediglich durch das biologische Moment bedingten Abweichungen fort. Aus dem Grunde erübrigen sich hier die Parallelen.

An dieser Stelle sei einiges über die Größe der durch das biologische Moment bedingten Fehlergrenze angeführt. In der nachstehenden Tabelle ist die maximale prozentuale Abweichung der Einzelergebnisse vom Mittelwert für die vier ersten Umsetzungen angegeben. Die fünfte (Salpeterumsetzung) läßt sich nicht gut auf diese Art vergleichen. Man orientiert sich hierüber bei der fünften Umsetzung am besten an der Hand der Tabelle (V).

Was die Aufbewahrung der verschiedenen Kulturen anlangt, so wurden die zu den Nitrifikationsversuchen benötigten Kulturen ebenso wie die Stickstoffassimilation bei Zimmertemperatur an einem vor direktem Tageslichte geschützten Orte aufbewahrt. Während der kälteren Jahreszeit, in der die Zentralheizung des Institutes im Gange ist, herrscht hier eine durchschnittliche Temperatur von 20° C. In den Sommermonaten wurde diese Temperatur bisweilen erheblich überschritten, meist betrug sie einige Grade unter 20; indes ist, wie aus den Arbeiten von Löhnis[1]) zur Genüge hervorgeht,

[1]) Löhnis, l. c.

Parzelle	Umsetzungsversuch	Fehlergrenze: Abweichung vom Mittelwerte. I. Reihe %	II. Reihe %	III. Reihe %
I—V	„Merck“ Peptonzersetzung	12	5	3
	„Witte“	11	8	4
VI—XI	„Merck“ Peptonzersetzung	12	2	2
	„Witte“	13	4	6
I—V	Nitrifikation	16	12	13
VI—XI	desgl.	5	8	19
I—V	N-Assimilation	5	2 bzw. 6[1])	7
VI—XI	desgl.	8	3 bzw. 13[1])	11
I—V	Ammoniakfestlegung	—	6	4
VI—XI	desgl.	—	12	4

die „Aufbewahrungstemperatur“ bei derartigen Umsetzungen mit relativ langer Versuchsdauer so wenig ins Gewicht fallend, daß sie bei den aus den analytischen Befunden zu ziehenden Schlüssen vernachlässigt werden kann. Anders die Versuche über Peptonzersetzung und Salpeterassimilation, wo die Umsetzungen in relativ kurzer Zeit vor sich gehen. Hier können sich Temperaturschwankungen in den Lösungen eher bemerkbar machen. Diese Kulturen wurden daher im Thermostaten bei 20° aufbewahrt.

In ganz anderer Weise als die Aufbewahrungstemperatur übt allerdings die Bodentemperatur einen namhaften Einfluß auf die Tätigkeit der Bakterien aus. Darüber wird im nächsten Kapitel ausführlich zu berichten sein.

Erwähnt sei noch, daß es infolge der großen Fülle von Arbeitsmaterial nicht möglich war, die verschiedenen Umsetzungsversuche, die sich über elf Parzellen erstrecken, auf

[1]) Bezieht sich auf die Ergebnisse in der Nährlösung nach Christensen.

einmal in Gang zu setzen. Es ist bei jeder Versuchsreihe so verfahren worden, daß immer die ersten fünf Parzellen in Arbeit genommen wurden, und, nachdem sämtliche Umsetzungsversuche mit diesen durchgeführt waren, die Untersuchungen mit den übrigen sechs Teilstücken erledigt wurden. Die Ergebnisse sämtlicher Parzellen können daher nicht unmittelbar miteinander verglichen werden.

IV. Boden und Witterung.

1. Die von mir auf ihren biochemischen Charakter zur Untersuchung herangezogenen Parzellen liegen auf dem Versuchsfelde Oberholz des Landwirtschaftlichen Instituts der Universität Leipzig. Über diesen Boden, hinsichtlich seines landwirtschaftlichen Charakters sowohl wie vom geologischen Standpunkte aus, hat Kirchner[1]) ausführlich berichtet. Wir haben es hier mit einem steinigen, sandig-tonigen, sogenannten schweren Lehm zu tun. An feinen Teilchen ist der Boden sehr reich; 95% aller Bestandteile messen weniger als $^1/_2$ mm im Durchmesser; davon lassen sich im Kühnschen Zylinder 40,3% abschlämmen. Steine (> 5 mm) enthält der Boden nur in der geringen Menge von von 1,7%. An pflanzlichen Nährstoffen ist der Boden verhältnismäßig arm; durch 48stündige Behandlung mit kalter konzentrierter Salzsäure findet man:

Phosphorsäure 0,045%
Kali 0,031%
Kalk 0,145%.

Stickstoff enthält er zu 0,1% im Durchschnitt.

Sämtliche Gewächse haben sich für eine Stickstoffgabe im hohen Maße dankbar erwiesen, während sich bei einer Phosphorsäuredüngung ein deutlicher Einfluß auf den Ertrag nicht herausgestellt hat. Das gleiche gilt bezüglich einer

[1]) Kirchner, Das Versuchsfeld des Landw. Instituts der Univ. Leipzig, 1903.

Kalidüngung. Den auffallend niedrigen Kalkgehalt und die daraus resultierende ungünstige physikalische Bodenbeschaffenheit hat man durch eine regelmäßige reichliche Kalkung (400 kg pro Jahr und ha) während einer Reihe von Jahren mit Erfolg ausgeglichen.

2. Die ersten zehn der von mir zur Untersuchung herangezogenen Parzellen haben eine Größe von $6^1/_2 \times 4$ m $= 25$ qm. Nachdem sie eine Reihe von Jahren überhaupt keine Düngung erhalten hatten, wurden sie seit 1904 alljährlich in der Weise und in den Mengenverhältnissen gedüngt, wie es aus beifolgender Tabelle ersichtlich ist.

Düngung in kg pro ha berechnet.

Parzelle	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Superphosphat	—	—	400	400	400	400	400	—	—	—
Chilesalpeter	—	—	—	—	200	200	—	—	—	—
40 % Kalisalz	—	—	—	200	200	200	200	—	200	—
Kalk	—	500	500	500	500	—	—	—	500	—

Über die Fruchtfolge und Ernteerträge auf diesen Parzellen orientiert folgende Tabelle:

In kg pro ha berechnet:

Parzelle		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
1905 Klee.		ausgewintert!									
1906 Klee I. u. II. Schnitt	grüne Masse	42000	42800	44400	50000	52800	52000	46800	40400	42000	42800
1907 Hafer mit Kleeeinsaat	Stroh	2800	2800	2800	3600	3400	5000	5200	4400	4400	4400
	Spreu	400	400	600	600	1000	1000	600	400	600	600
	Körner	2600	2800	3200	3200	3800	5000	3600	3200	3600	3800
1908 Klee I. u. II. Schnitt	grüne Masse	32400	34000	34400	44000	44800	37600	35600	29600	27600	28800

Es besteht die Absicht, diese einseitige Art und Weise der Düngung und Bestellung des Bodens noch eine weitere

Reihe von Jahren fortzusetzen, um dann den Boden in derselben Art auf sein biochemisches Verhalten zu untersuchen, wie es hier geschehen ist. Dadurch wird man in die Lage versetzt sein, festzustellen, ob und inwiefern sich die Mikroorganismenflora während der Dauer mehrerer Jahre bei gleicher Düngung und Bestellung geändert hat.

Die der X. benachbarte, mit Nr. XI bezeichnete Parzelle wird nicht in einem regelmäßigen Turnus bewirtschaftet; vielmehr werden alljährlich auf ihr bei wechselnder Düngung verschiedene Nutzpflanzen gebaut. 1908 war sie mit Kartoffeln in Stallmistdüngung bestellt. Diese XI. Parzelle ist bedeutend größer als die übrigen 10; sie wurde lediglich aus dem Grunde mit zur Untersuchung herangezogen, um einen Vergleich zwischen dem biochemischen Verhalten von mineralisch gedüngtem zu organisch gedüngtem Boden zu ermöglichen.

3. Der Einfluß, den die Witterung auf das Gedeihen unserer Feldfrüchte ausübt, ist hinlänglich bekannt. Daß auch die bakteriologischen Vorgänge im Boden zu einem gewissen Grade von diesem Faktor abhängig sind, darauf haben Hiltner und Störmer[1]) kürzlich hingewiesen. Allerdings empfahlen jene Forscher vor allem die Bodenfeuchtigkeit eingehender Berücksichtigung, während Löhnis[2]) mit Nachdruck darauf hinwies, daß außerdem die im Boden herrschende Temperatur erheblich in Betracht komme.

Alle erforderlichen Witterungsdaten werden in Oberholz täglich 8^h a. m. aufgezeichnet. Am Schlusse dieser Arbeit sind diese Werte, soweit sie für die vorliegende Untersuchung von Interesse sind, zusammengestellt. Der schnelleren Orientierung halber sind die Durchschnittsergebnisse für die Monatsdrittel, für die Monate und für die ganze Zeitdauer, in der ich diese Untersuchungen ausführte, berechnet. Außerdem wurden die für die einzelnen Monate, wie für den ganzen Zeitabschnitt sich ergebenden Zahlen mit den Normalzahlen verglichen, wie sie seitens der Universitätssternwarte nach

[1]) Hiltner und Störmer, Arbtn. a. d. Abt. f. Land- und Forstwirtschaft am Kais. Gesundheitsamt, Bd. 3, Hft. 5, p. 473.

[2]) Löhnis, l. c.

Beobachtungen in den Jahren 1863—1890 für Leipzig festgestellt sind. Für Oberholz liegen noch keine Normalwerte vor. Da die Entfernung zwischen Oberholz und Leipzig jedoch nur 13 km beträgt, so erscheint ein Vergleich im allgemeinen als zulässig. Allerdings ist in Oberholz in der Regel die Temperatur etwas niedriger, ebenso pflegt das Barometer etwas tiefer als in Leipzig zu stehen, da Oberholz ca. 50 m höher als die Sternwarte in Leipzig liegt.

In Oberholz wird vermittels eines Campell-Stokes'schen Sonnenscheinautographen die Sonnenscheindauer ermittelt. In Leipzig sind indes für die Sonnenscheindauer keine Normalwerte angegeben, sondern nur für die Bewölkung, und zwar ist diese in Prozenten ausgedrückt. Um vergleichende Zahlen zu erhalten, berechnete ich daher nach dem Verfahren von Pernter und Billwiller[1]) aus der Sonnenscheindauer die Bewölkungsprozente.

Im einzelnen ist über die meteorologischen Verhältnisse für die Zeitperiode, während welcher diese Untersuchungen ausgeführt wurden, kurz folgendes zu sagen:

Die mittlere Tagestemperatur war in den Monaten März und Oktober fast normal. In den Monaten Mai und Juni lag die durchschnittliche Lufttemperatur um bezw. 1,7° und 2,1° über dem Normalwerte, während sie im April, August und September um bezw. 2,2°, 1,0° und 0,9° unter dem normalen lag. Die Bodentemperatur in 10 cm Tiefe ist im allgemeinen etwas niedriger als die zugehörige Lufttemperatur, läuft ihr im übrigen parallel; nur im März einmal (11.—20.) und in den letzten zwei Dritteln des Oktober ist die Bodentemperatur etwas höher als die gleichzeitig beobachtete Lufttemperatur. Das steht im Einklang mit der Tatsache, daß im allgemeinen die Bodentemperatur im Winter etwas höher, im Sommer etwas niedriger ist als die Lufttemperatur.

An Niederschlägen war die betreffende Periode nicht sonderlich reich. Allerdings beträgt im April die Niederschlagshöhe 9 mm mehr als die normale, der Mai weist sogar eine

[1]) Vgl. Trabert, Lehrbuch d. Meteorologie, p. 96.

solche von 87,8 mm über normal auf, d. h. in diesem Monat ist mehr als das zwei und einhalbfache der üblichen Regenmenge gefallen; alle übrigen Monate dagegen haben ein mehr oder minder erhebliches Defizit zu verzeichnen. Dieses Verhalten tritt am schärfsten im Oktober zu Tage, wo die Niederschlagshöhe nur 2 mm beträgt, die normale dagegen 67 mm.

Die Bewölkung erreichte ihren größten Wert im Mai (95 % gegen 59 % normal) in Übereinstimmung mit den reichlichen Niederschlagsmengen. Im Juni ging sie um 23 Prozente unter den Normalwert; während der übrigen Monate halten sich die Abweichungen der Bewölkungsprozente vom Normalwerte in mäßigen Grenzen.

V. Ergebnisse der Umsetzungsversuche.

Bevor ich mich weiter über die Ergebnisse der Umsetzungsversuche verbreite, möchte ich an dieser Stelle die erforderlichen Daten über Bodenfeuchtigkeit und Erdtemperatur in 10 cm Tiefe angeben. Da die Abweichungen im Wassergehalte infolge der relativ geringen Größe der Parzellen und ihrer benachbarten Lage nur sehr geringe waren, — sie bewegten sich zwischen + 0,6 % — so wurde in der hier folgenden Tabelle nur der Mittelwert angeführt.

Tag der Probenahme	Wassergehalt in Durchschnittsprozenten	Bodentemp. in 10 cm Tiefe
12. III.	16,51	3,2
3. IV.	16,17	4,2
16. V.	16,48	12,2
24. VI.	9,8	15,6
24. VIII.	13,4	14,8
6. X.	11,0	10,8

Die größte Trockenheit herrschte demnach — wie nicht anders zu erwarten war — im Juni. Beachtenswert ist ferner

der relativ niedrige Wassergehalt im Oktober, der in den äußerst geringen Niederschlagsmengen in diesem Monat seinen Grund hatte.

Da die absolute Wasserkapazität des Versuchsfeldes ca. 23 % beträgt, so waren mithin im März, April und Mai ca. 70—72 % der Kapazität gesättigt, im Juni, August und Oktober bezw. 48,60 und 52 %. Wenn auch im allgemeinen angenommen werden muß, daß das Optimum für die Mikroorganismentätigkeit im Boden erst dann erreicht ist, wenn 60—80 % der Wasserkapazität gesättigt sind, so kann doch im großen und ganzen der während der Untersuchungsdauer ermittelte Feuchtigkeitsgrad noch als hinreichend für eine normale Lebenstätigkeit angesehen werden.

Die Ergebnisse der verschiedenen Umsetzungsversuche sind in den Tabellen I—V zusammengefaßt. Eine Besprechung derselben erscheint am zweckmäßigsten in der Art, daß zunächst die Einwirkungen, die Jahreszeit und Witterung auf den Verlauf der Umsetzungen ausgeübt haben, erörtert werden. In einem weiteren Kapitel wird dann über den Einfluß der Düngung auf die Lebensbedingungen der Mikroorganismen berichtet werden.

1. Der Einfluß von Jahreszeiten und Witterung.

Löhnis[1]) hat als erster durch Anstellung umfangreicher Versuche dargetan, daß die Bakterientätigkeit im Boden in hohem Maße von Jahreszeit und Witterung beeinflußt wird, und durch Resultate von entsprechend angeordneten Umsetzungsversuchen in dieser Hinsicht wertvolle Fingerzeige geben können. Zwar hat Löhnis in seiner ersten Arbeit[2]) über diese Fragen noch nicht mit voller Sicherheit entscheiden können, inwieweit die Jahreszeit, inwieweit Temperatur und Feuchtigkeit bei dem durch die Umsetzungen jeweils bewirkten

[1]) Löhnis, Mitt. d. Landwirtsch. Inst. der Univ. Leipzig, Hft. VII, 1905, p. 3.

[2]) Löhnis, ibid.

Effekte in Rechnung zu ziehen sind. Seine weiteren in Gemeinschaft mit Parr[1]), Sabaschnikoff[2]) und Pillai[3]) unternommenen Untersuchungen haben mit überzeugender Deutlichkeit gezeigt, daß die Jahreszeit entschieden hier den maßgebenden Einfluß ausübt.

Die von jenen Forschern in dieser Richtung hin unternommenen Untersuchungen haben immer den nämlichen, für die betreffende Jahreszeit charakteristischen Verlauf gezeigt, trotzdem sie unter den verschiedensten — teilweise diametral entgegengesetzten — Witterungsverhältnissen ausgeführt wurden.

Es ist indes hier nicht der Ort, näher auf diese Arbeiten einzugehen. Ich führe hier nur die Ergebnisse zweier charakteristischer Versuche an, Versuche über Stickstoffbindung und über Kalkstickstoffzersetzung, wie sie Löhnis[4]) im Jahre 1903 04 und seine Mitarbeiter Sabaschnikoff[5]) und Pillai[6]) im Sommer 1907 ausgeführt haben. Wie aus den den betreffenden Arbeiten beigegebenen Witterungsdaten ersichtlich, ist der Sommer 1904 als abnorm warm und trocken, der Sommer 1907 als abnorm kühl und feucht zu bezeichnen. Trotzdem tritt der charakteristische Einfluß der Jahreszeit im Sommer 1907 in derselben Weise hervor, wie in dem von ihm gänzlich verschiedenen des Jahres 1904. Wenn man die entsprechenden Vergleichszahlen als Ordinaten und die betreffenden Monate als Abszissen in ein Koordinatenkreuz einträgt, wie dies von Löhnis[7]) auch geschehen ist, so läuft jedesmal die resultierende Kurve vom Jahre 1907 im wesentlichen parallel mit der vom Jahre 1904. Daß sie nicht zusammenfallen, hat seinen Grund in der verschiedenen Witterung in den betreffenden Jahren. Wenn anders man nicht geneigt sein wird, ihn in der Verschiedenheit der Parzellen, der Düngung,

[1]) Parr, Dissert., Leipzig 1906.
[2]) Sabaschnikoff, Mitt d. Landw. Inst. der Univ. Leipzig, Hft. IX.
[3]) Pillai, Dissert., 1908.
[4]) Löhnis, l. c.
[5]) Sabaschnikoff, Mitt. d. Landw. Inst. d. Univ. Leipzig, Hft. 9.
[6]) Pillai, Dissert. Leipzig 1908.
[7]) Löhnis, Centralbl. f. Bakter., II, XX, p. 159.

Bearbeitung und Bebauung zu suchen, — Faktoren, die ja durch das angewandte Rechnungsverfahren zwar hauptsächlich, aber naturgemäß nicht vollständig eliminiert werden konnten.

Hier können selbstverständlich nur Versuche zum Ziele führen, die mehrere Jahre in derselben Weise auf denselben Feldstücken und bei derselben Bearbeitung und Düngung ausgeführt werden. Wie eingangs dieser Arbeit schon erwähnt, sollen meine Versuche unter denselben Versuchsbedingungen an den nämlichen Parzellen nach Verlauf einiger Jahre wiederholt werden.

Was an anderen Untersuchungen bezüglich des Einflusses von Jahreszeit und Witterung auf die Mikroorganismen des Bodens, außer den Arbeiten der genannten Forscher, vorliegt, ist äußerst dürftig. Es kommen hier eigentlich nur einige gelegentliche Beobachtungen in Betracht: so von Keding[1]) für Kiel und von Krzemieniewski[2]) für Krakau, die darzutun scheinen, daß sich auch anderwärts in ähnlicher Weise der Einfluß der Jahreszeit auf die Bakterientätigkeit bemerkbar macht. Indes bleibt dringend zu wünschen, daß bei der großen Bedeutung derartiger Versuche für die Physiologie des Ackerbodens sie auch alsbald an anderen Orten angestellt werden. Wenn anders man überhaupt einen Einblick in die verwickelten, teils ineinander, teils nebeneinander verlaufenden Umsetzungsprozesse im Boden gewinnen will, so ist dies nur durch eine Versuchsanstellung möglich, bei der alle in Betracht kommenden Faktoren berücksichtigt werden.

Im nachfolgenden wird ausführlich darüber berichtet, inwiefern Jahreszeit und Witterung auf meine Versuchsergebnisse eingewirkt haben, und zwar ist hierbei so verfahren, daß die Ergebnisse der 5 verschiedenen Umsetzungsversuche nacheinander unter diesem Gesichtspunkte einer Untersuchung unterzogen wurden.

---

[1]) Keding, Wiss. Meeresunters., Abt. Kiel, N. F. IX, p. 284.

[2]) S. und H. Krzemieniewski, Bull. d. l'Acad. des Science de Cracovie 1906, p. 569.

a) Peptonzersetzung.

Parr und Löhnis[1]) haben im Jahre 1905/06 ähnliche Versuche mit verschiedenen stickstoffhaltigen Düngemitteln ausgeführt. Was speziell die Peptone „Merck“ und „Witte“ betrifft, so konstatierten diese Forscher, daß der „Zersetzungsgrad“ des Witteschen Präparates in bedeutend höherem Grade von der Jahreszeit beeinflußt wurde, als dies bei Pepton „Merck“ der Fall war. Zweimal im Jahre traten Zersetzungsmaxima auf: im November und im Mai. Die Vergleichszahlen, die Parr in der Weise erhielt, daß er die höchsten Novemberwerte jeweils = 100 setzte und darnach die für die übrigen Monate sich ergebenden Relationen berechnete, seien hier angeführt:

	Merck	Witte
Oktober	98,2	94,2
November	100,0	100,0
Dezember	90,4	99,3
Januar	92,1	95,5
Februar	94,6	92,6
März	95,1	79,5
Mai	110,0	226,7
Juli	110,0	179,7

Was speziell meine vornehmlich in den Sommermonaten durchgeführten Versuche anlangt, so lehrt ein Blick auf die Tabelle (I) am Schlusse dieser Abhandlung, daß auch während der Zeitperiode März—Oktober die Peptone ein vollkommen verschiedenes Verhalten hinsichtlich ihres „Zersetzungsgrades“ gezeigt haben. Pepton „Witte“ reagiert bedeutend empfindlicher auf die Jahreszeit als das Mercksche Präparat; denn die Unterschiede im Zersetzungsgrade können bis über 100 % betragen, während sie bei Pepton Merck immer unter 50 % bleiben. Das Maximum der Zersetzung fällt bei beiden Peptonsorten zu Ende Juni, Minima treten bei beiden auf im März und Oktober.

[1]) Parr und Löhnis, Zentralbl. f. Bakter., II, Bd. XVII, p. 518f.

In der nachstehenden Tabelle sind die Zahlen so gefunden worden, daß — um den Einfluß der verschiedenen Düngung nach Möglichkeit auszuschalten — die Resultate der ersten Versuchsreihe überall = 100 gesetzt und danach die entsprechenden Relationen für die beiden anderen Versuchsreihen berechnet wurden.

Pepton „Merck“:

Probenahme am	12. III.	16. V.	28. VIII.
Parzelle I	100	136,3	130,0
„ II	100	130	115,5
„ III	100	116,2	112,7
„ IV	100	123,7	110,7
„ V	100	129,3	111,7
Probenahme am	**3. IV.**	**23. IV.**	**6. X.**
Parzelle VI	100	105	86,8
„ VII	100	108	89,3
„ VIII	100	112,5	93,4
„ IX	100	108,2	93,3
„ X	100	107	88,5
„ XI	100	109,1	90,6

Pepton „Witte“:

Probenahme am	12. III.	16. V.	28. VIII.
Parzelle I	100	198,7	227,6
„ II	100	168	211,8
„ III	100	218,3	220
„ IV	100	181,1	213,1
„ V	100	186,8	213,1
Probenahme am	**3. IV.**	**23. VI.**	**6. X.**
Parzelle VI	100	139,3	82,2
„ VII	100	143,3	77
„ VIII	100	158,5	80
„ IX	100	128,7	82,7
„ X	100	130,0	86,8
„ XI	100	116,7	75,6

Wie schon an einer früheren Stelle angegeben wurde, war es nicht möglich, die Versuche bei allen elf Parzellen auf einmal in Gang zu setzen. Es sind jeweils immer die ersten fünf und dann die letzten sechs Parzellen den betreffenden Untersuchungen unterzogen. Es können daher nur die Ergebnisse der ersten fünf, bezw. die der letzten sechs Parzellen miteinander verglichen werden. — Unter diesen Gesichtspunkten betrachtet, veranschaulichen die Zahlen deutlich ein Ansteigen des Zersetzungsgrades im Mai. Während indes die zersetzten Mengen bei Pepton „Merck" nur 16—36 % mehr als im März betragen, übertreffen die mit Pepton „Witte" erzielten Zahlen den März-Wert um 68—118 %. Ende August ist bei Pepton „Merck" ein Sinken der Werte bemerkbar, bezogen auf die Mai-Ergebnisse, die Werte für Pepton „Witte" haben indessen eine nicht unbeträchtliche Steigerung erfahren; ferner, von April bis Ende Juni ist nur ein unwesentliches Anwachsen der Intensität bei dem Präparat „Merck" zu bemerken; Pepton „Witte" hat dagegen ganz bedeutende Unterschiede aufzuweisen. Im Oktober ist bei beiden Peptonsorten der Zersetzungsgrad niedriger als im März.

Wie im nächsten Kapitel ausführlich zu berichten sein wird, sind die durch die verschiedene Düngung verursachten Abweichungen im „Zersetzungsgrade" nur gering. Die Mittelwerte aus den Stickstoffzahlen für die Parzellen I—V bezw. VI—X weichen daher von den betreffenden Einzelwerten nur unerheblich ab. Es erscheint demnach statthaft, die Mittelwerte aus den ersten fünf Parzellen mit denen aus den Parzellen VI—X zu vergleichen. Setzt man hier wiederum den Mittelwert aus den ersten fünf Parzellen der ersten Reihe = 100 und berechnet darnach die betreffenden Relationen, so bekommt man durch diese Berechnungsart einen besseren Überblick über die Einwirkung der Jahreszeit während der ganzen Dauer der Versuchsanstellung, als dies durch die vorher mitgeteilten Einzelzahlen möglich war. Es ergibt sich so die folgende Zahlenreihe:

Tag der Probenahme	12. III.	3. IV.	16. V.	23. VI.	28. VIII.	6. X.
Pepton „Merck“	100	120,1	125,0	130,6	114,5	108,6
„ „Witte“	100	159,6	188,6	222,2	214,6	138,7

Der schon oben erwähnte Einfluß der Jahreszeit tritt bei diesen Zahlen sehr übersichtlich hervor. Durch die von Parr und Löhnis im Jahre 1905/06 gefundenen Ergebnisse ergänzt, geben diese Zahlen einen Ausdruck für die Tätigkeit der bei diesem Prozesse wirksamen Bodenorganismen: Im Beginn des Frühjahrs und des Herbstes ist die Wirksamkeit der Mikroorganismen des Bodens, die aus stickstoffhaltigen organischen Düngemitteln Ammoniak abzuspalten vermögen, am geringsten, im Beginn des Sommers und des Winters am größten.

b) Nitrifikation.

Die Ergebnisse der Versuche über Nitrifikation sind in Tabelle II verzeichnet. Wenn man hier wiederum den Einfluß der verschiedenen Düngung dadurch auszugleichen sucht, daß man den prozentischen Befund an Nitratstickstoff bei allen Parzellen der ersten Versuchsreihe = 100 setzt, so bringen diese Zahlen den Einfluß der Jahreszeit auf die nitrifizierende Tätigkeit der Mikroflora nicht so gut zum Ausdruck, wie dies z. B. bei Peptonzersetzung der Fall war. Der Grund für dies Verhalten ist einmal darin zu suchen, daß die durch die Düngung verursachten Verschiedenheiten in der ersten Versuchsreihe durchaus nicht in einem bestimmten Verhältnis zu den Düngungsunterschieden in der zweiten und dritten Versuchsreihe stehen. Dann bewegen sich aber auch die absoluten Mengen nitrifizierten Stickstoffs in so engen Grenzen — meist zwischen 2 bis 4 mg —, daß alle die Faktoren, welche die Erzielung einwandfreier Resultate beeinträchtigen, hier in bedeutend stärkerem Maße zur Geltung kommen, als dies bei Umsetzungen der Fall ist, wo die umgesetzten Mengen sehr große sind. Schon Löhnis[1]) fand bei

[1]) Löhnis, l. c.

seinen Versuchen über Nitrifikation die Fehlergrenze, d. i. die prozentische Abweichung der Einzelergebnisse vom Mittelwert, sehr hoch.

Probenahme am	12. III.		16. V.		28. VIII.	
	Vergl.-Zahlen	% nitr. N.	Vergl.-Zahlen	% nitr. N.	Vergl.-Zahlen	% nitr. N.
Parzelle I	100	30,01	97,4	29,22	100,4	30,14
„ II	100	28,13	91,9	25,84	103,9	29,25
„ III	100	32,99	98,0	31,34	88,7	29,28
„ IV	100	32,78	105,8	34,72	84,3	27,63
„ V	100	37,39	84,2	31,40	88,1	32,95
Probenahme am	3. IV.		23. VI.		6. X.	
Parzelle VI	100	37,09	127,8	57,47	53,3	19,28
„ VII	100	40,92	99,8	40,42	57,7	23,60
„ VIII	100	38,36	129,1	49,53	49,9	19,17
„ IX	100	38,91	116,3	45,25	52,0	20,25
„ X	100	28,90	201,2	58,14	18,0	5,18
„ XI	100	51,67	111,2	52,08	16,7	3,42

Ich habe daher die Tabelle in der Weise vervollständigt, daß ich den Vergleichszahlen noch die prozentischen Befunde für die Menge des nitrifizierten Stickstoffs anfügte.

Nunmehr ersieht man deutlich, wie vom März zum April die Intensität der Nitratbildung zunimmt; im Mai ist ein geringes Zurückgehen oder ein Stillstand in der Lebenstätigkeit der Bakterien zu bemerken, während sie Ende Juni ihre Haupttätigkeit entfalten. Bis zu 58,14% des ursprünglich vorhandenen Ammoniakstickstoffs werden hier nitrifiziert. Ende August ist wiederum eine Abnahme in der Intensität der Nitratbildung zu konstatieren; der Oktober weist ein entschiedenes Minimum auf.

Das von mir beobachtete Verhalten steht in keinem Zusammenhange mit den Beobachtungen, die Löhnis[1]) im Jahre 1903/04 machte. Ich füge hier die von Löhnis aufgestellten Vergleichszahlen an:

[1]) Löhnis, l. c.

	Geschälte Parzelle	Nichtgeschälte Parzelle
September	139,9	138,4
November	121,0	121,3
Januar	100,0	102,6
März	148,0	149,4
Mai	96,8	96,2
Juli	77,9	81,1

Löhnis fand das Maximum der Nitratbildung zu Anfang März, das Minimum zu Anfang Juni; zu Anfang September ebenfalls eine rege Bakterientätigkeit.

Übrigens ist der genannte Forscher durchaus nicht der Ansicht, daß die von ihm erzielten Abweichungen in der Intensität der Salpeterbildung in den verschiedenen Monaten lediglich den Einwirkungen der Jahreszeit zuzuschreiben sind.

Von der Temperatur scheinen die bei diesem Prozesse in Frage kommenden Bakterienspezies indes auch nicht sonderlich abhängig zu sein. Jedenfalls herrschen über diesen Punkt große Meinungsverschiedenheiten. So geben z. B. Schlösing und Müntz[1]) an, daß bei 5° die Salpeterbildung sehr langsam verläuft, bei 12° deutlich wahrnehmbar wird und bei 37° ihr Optimum erreicht. Ehrenberg[2]) indes hat schon bei 10° deutliche Nitratbildung beobachtet, und einige von Löhnis[3]) bei 10° und bei 20° ausgeführten Versuche haben nur minimale Intensitätsunterschiede ergeben. King und Whitson[4]) haben wiederum schon bei einer Bodentemperatur von 2° eine sehr lebhafte Salpeterbildung konstatieren können in Übereinstimmung mit Löhnis' Versuchen, der das Maximum der Nitratbildung im Monat März bei einer ebenfalls nur 2° betragenden Bodentemperatur fand.

[1]) Schlösing und Müntz, Compt. rend. **89**, 1879, p. 1074.
[2]) Ehrenberg, Ldwrt. Jahrb. **33**, 1904, p. 136.
[3]) Löhnis, l. c. p. 89.
[4]) King und Whitson, Bull. 93, Agric Exp. stat. Univ. Wisconsin, 1902, Jahresbericht der Agrikulturchemie **46**, 1903, p. 61.

Auch die Annahme, daß meine zum Teil von Löhnis' Befunden so erheblich abweichenden Ergebnisse auf den verschiedenen Grad der Bodenfeuchtigkeit zurückzuführen seien, erscheint unstatthaft. Während bei Löhnis' Versuchen der Wassergehalt Anfang Juli 11,9% betrug, belief er sich bei meinen Versuchen zu Ende Juni sogar nur auf 9,8%; trotz dieses relativ niedrigen Feuchtigkeitsgrades wurde bei meinen Versuchen in diesem Monat das Maximum an Nitratstickstoff gebildet. Dieses Verhalten steht im Gegensatz zu der allgemeinen Erfahrung, daß eine üppige Bakterienflora sich nur da entwickeln kann, wo viel Feuchtigkeit vorhanden ist.

Wie widersprechend zum Teil die von verschiedenen Autoren gemachten Angaben über Nitrifikationsversuche sind, dafür liefern die Arbeiten von Ehrenberg[1]) und Remy[2]) ein typisches Beispiel. Die von Ehrenberg erzielten Befunde stehen im diametralen Gegensatze zu den in ganz analoger Weise ermittelten Ergebnissen Remys, trotzdem die Versuche jeweils in Vegetationsgefäßen angestellt wurden, wo der Faktor der Bodenfeuchtigkeit eliminiert war.

Ob und inwieweit daher bei meinen Resultaten für die Differenzen in den verschiedenen Versuchsreihen Jahreszeit und Witterung verantwortlich zu machen sind, läßt sich nach dem Vorausgeschickten nicht entscheiden. Deherain[3]) hat schon 1897 darauf hingewiesen, daß ein dichtgeschlossener, stark transpirierender Pflanzenbestand mitunter äußerst nachteilig auf die Nitrifikation einwirken kann. Vielleicht ist das Ende Juni konstatierte Maximum der Nitratbildung — dessen absoluter Wert indes weit hinter dem von Löhnis im März 1904 beobachteten zurücksteht — dadurch zu erklären, daß die Probenahme ca. $1^1/_2$ Wochen nach dem ersten Schnitt des Klees erfolgte, daß die vor dem Schnitt durch den dichten Kleebestand in ihrer Wirksamkeit gehemmten Mikroorganismen nach Beseitigung dieses Hindernisses umso intensiver ihre Tätigkeit entfalten konnten.

[1]) Ehrenberg, l. c., p. 49.
[2]) Remy, l. c., p. 701.
[3]) Deherain, Compt. rend. **125**, 1897, p. 212.

Hiltner[1]) sieht den Grund für die verschiedenen Ergebnisse in einer spezifischen Einwirkung der angebauten Gewächse. Die Feldstücke, mit denen Löhnis seine Untersuchungen vornahm, waren mit Kartoffeln bestanden. Meine elfte Parzelle war allerdings ebenfalls mit Kartoffeln bestanden, trotzdem machen sich auf ihr die oben besprochenen Erscheinungen in ziemlich derselben Weise bemerkbar, wie auf den mit Klee bebauten.

Leider liegen über diese interessanten und wichtigen Fragen der Abhängigkeit der Mikroflora des Bodens von der Menge und der Art der auf ihm wachsenden Pflanzen noch keine eingehenden Beobachtungen vor. Erst wenn hinreichendes Tatsachenmaterial über alle hierhergehörigen Fragen vorliegt, wird es möglich sein, volle Klarheit über all die verschiedenen Faktoren, von denen die Lebenstätigkeit der nitrifizierenden Bakterien abhängt, zu erhalten.

c) Stickstoffassimilation.

Hier seien zunächst wiederum die Ergebnisse der in Tabelle III zusammengestellten Stickstoffassimilationen in Vergleichszahlen, die Befunde der ersten Versuchsreihe = 100 gesetzt, angegeben.

Die in der 2. Reihe in der Tabelle unter b angeführten Versuchsergebnisse müssen hier natürlich ausscheiden, da sie auf einem anderen Nährsubstrate und bei auch im übrigen abweichenden Bedingungen erzielt sind. Im nächsten Kapitel wird ausführlich auf diese Versuche nach Christensen zurückzukommen sein. Zur Berechnung der Vergleichszahlen für die 2. Reihe diente also nur das Mittel der unter I angeführten Stickstoffgewinne.

Tag der Probenahme	12. III.	16. V.	28. VIII.
Parzelle I	100	142,5	340,8
„ II	100	321,9	280,8
„ III	100	712,0	365,7
„ IV	100	720,4	538,1
„ V	100	380,1	280,1

[1]) Hiltner, Arb. d. D. L. G., Heft 98, 1904, p. 69.

Tag der Probenahme	3. IV.	23. VI.	6. X.
Parzelle VI	100	292,5	130,9
„ VII	100	155,4	129,4
„ VIII	100	170,8	115,0
„ IX	100	217,4	124,2
„ X	100	198,0	129,7
„ XI	100	202,5	199,1

Auch hier zeigt sich wieder, daß die durch die verschiedene Düngung hervorgerufenen Abweichungen durch die Jahreszeit durchaus nicht in gleicher Weise beeinflußt werden; daß demnach durch das eingeschlagene Verfahren der Düngungsfaktor nur teilweise ausgeglichen werden konnte.

Im allgemeinen ist vom März bis April ein Anstieg der assimilatorischen Tätigkeit der Bakterien zu beobachten, der seinen Höhepunkt im Mai erreicht. Ende Juni hat die Intensität bereits abgenommen; Ende August hat sie etwa dieselbe Höhe wie zu Ende Juni; im Oktober ist ein deutliches Zurückgehen der stickstoffixierenden Mikroorganismen auf den mineralisch gedüngten Parzellen zu konstatieren.

Die Parzelle I zeigt im Vergleich zu den anderen Parzellen im Mai ein nur geringes Ansteigen, so daß Ende August auch keine Verminderung des Stickstoffgewinnes, sondern eine Vermehrung stattgefunden hat. Es ist möglich, daß auf dieser ungedüngten Parzelle der oben angegebene Verlauf der Stickstoffassimilation langsamer stattfindet, daß demnach der Zeitpunkt für das Maximum der Stickstoffixierung mehr in den Sommer hineinfiel, und demnach auch der Rückgang am 23. Juni noch nicht oder erst zum Teil erfolgt war.

Die für die XI. Parzelle gefundenen Assimilationen haben indes fast dieselbe Höhe wie im Oktober.

Ein Vergleich meiner Befunde mit denjenigen Löhnis 1904 und Pillais 1907, die nachstehend angeführt seien, zeigt neben in der Hauptsache Übereinstimmendem auch einige Abweichungen.

Stickstoffassimilate in Vergleichszahlen, der niedrigste Januarbefund = 100 gesetzt. Von Löhnis[1]) 1904.

Tag der Probenahme	Nichtgeschälte Parzelle	Geschälte Parzelle
25. VIII.	178,3	174,7
6. XI.	96,7	173,6
15. I.	100,0	166,0
9. III.	166 6	192,1
9. V.	199,3	233,1
7. VII.	85,1	92,6

Pillais[2]) 1907 gefundene Stickstoffzahlen:

Probenahme am:	26. IV.	28. V.	16. VII.	28. X.
Parzelle VIII	100	138	77	125
„ IX	100	120	60	116

Probenahme am:	26. IV.	6. VI.	1. VIII.	2. XI.
Parzelle X	100	140	70	125
„ XI	100	153	100	118
„ XII	100	120	90	120

Probenahme am:	3. V.	18. VI.	2. VIII.	5. XI.
Parzelle XIII	100	260	170	230
„ XIV	100	208	150	185
„ XV	100	215	130	180

Wie aus den Zahlen ersichtlich ist, konstatierten beide Forscher einen mehr oder minder lebhaften Anstieg der Stickstoffassimilation im Mai und Anfang Juni, dem ein entsprechender Abfall im Juli und August folgte, während im Herbst wiederum ein Anstieg stattfand.

Mit diesen Ermittelungen stimmen meine Befunde zum großen Teil überein, soweit Vergleiche möglich sind. Die

[1]) Löhnis, l. c., p. 59.
[2]) Pillai, l. c., p. 49.

Ende August erlangten Werte weichen nicht viel von den am Ende Juni erreichten ab. Im allgemeinen ist die Assimilation Ende August lebhafter wie Ende Juni. Im Oktober indes macht sich bei meinen Versuchen für die Parzellen I—X ein deutlicher Rückgang der Intensität, verglichen mit der des September, bemerkbar. Pillai hatte im Oktober und November ziemlich hohe Assimilationswerte zu verzeichnen. Ebenfalls waren im November auf der geschälten Parzelle bei Löhnis' Versuchen die assimilierten Mengen dieselben wie im September, während sich allerdings auf der nicht geschälten Parzelle ein deutlicher Rückgang bemerkbar machte.

Die Bodentemperatur betrug bei Löhnis' Versuchen am 6. XI.: 12%, bei Pillai's Versuchen am 28. X.: 9,2%; am 2. XI.: 8,2% und am 5. XI.: 4,4% (bei meinen Versuchen am 6. X.: 10,8%). Wenn trotz der zum Teil sehr erheblichen Unterschiede beide Forscher hohe Stickstoffzahlen im Herbst zu verzeichnen hatten, so beweist das, daß die Temperatur keinen sonderlichen Einfluß auf den Assimilationsprozeß auszuüben vermag. Daß im Oktober daher bei meinen Versuchen, im Vergleich mit den Ergebnissen Löhnis' und Pillais, wenig Stickstoff assimiliert wurde, scheint demnach seinen Grund nicht in Temperaturunterschieden zu haben. — Man könnte geneigt sein, die geringe Bodenfeuchtigkeit in diesem Monat für die niedrigen Assimilationswerte verantwortlich zu machen; während die Bodenfeuchtigkeit bei Pillais Versuchen im Oktober und November 13,80% bezw. 13,40% betrug, bei Löhnis' Versuchen zu Anfang November sogar 16,6%, besaß der Boden bei meinen Versuchen im Oktober einen Wassergehalt von nur 11%. Wenn sonach die Trockenheit im Oktober die niedrigen Stickstoffbefunde für die Parzellen I—X veranlaßt hätte, so wären immerhin die hohen Zahlen für die XI. Parzelle nicht zu erklären. Ich trage indes kein Bedenken, den Grund dieses Verhaltens in der verschiedenen Bodenbeschaffenheit zu erblicken. Löhnis hat die hohen Oktoberwerte nur auf der geschälten Parzelle erhalten, während sich auf der nicht geschälten Parzelle ein deutlicher Rückgang im Vergleich zu den Septemberwerten ergab. (Vergl.

die Tabelle auf S. 36.) Hinsichtlich der Bodenbearbeitung können die Parzellen I—X meiner Versuche mit der „nicht geschälten" Parzelle Löhnis' verglichen werden, ebenso Parzelle XI mit der „geschälten" Parzelle Löhnis'. Auf den Parzellen I—X wurde die Kleestoppel nicht umgebrochen. Das gelockerte Kartoffelland der XI. Parzelle entspricht in dem hier in Frage kommenden Sinne gewissermaßen der geschälten Parzelle Löhnis'.

Auch bei den Versuchen Pillais handelt es sich um „geschälte" Parzellen. Die abweichenden Oktoberbefunde für die Parzellen I -X einerseits und für die XI. Parzelle andererseits scheinen daher durch die verschiedene Bodenbearbeitung herbeigeführt zu sein.

d) Stickstoffestlegung.

Bierema[1]) hat in einer gleichzeitig mit der meinigen ausgeführten, noch nicht veröffentlichten Arbeit über Stickstoffestlegung durch Mikroorganismen Beobachtungen gemacht, die annehmen lassen, daß auch das Wachstum der bei jenem Prozesse beteiligten Bakterienspezies von Jahreszeit, Witterung und Düngung in gewissem Grade beeinflußt wird. Ich habe daher auch diese Umsetzungen mit in den Kreis meiner Untersuchungen gezogen. Daß ich mir zunächst die für meine Zwecke geeigneten Nährböden und Untersuchungsmethoden ausprobieren mußte, während die anderen Versuche bereits im Gange waren, ist — wie erwähnt — der Grund, weshalb bei diesen Versuchen die erste Reihe entweder gar nicht oder nur zur Hälfte vertreten ist.

Bei den Versuchen über Ammoniakfestlegung fehlt deshalb die erste Reihe. Die unveränderten Ammoniakmengen sind bei den ersten fünf Parzellen nach 20 Tagen, bei den letzten sechs nach 10 Tagen bestimmt. Eine Versuchsdauer von 10 Tagen erwies sich als zu kurz, eine solche von 20 Tagen als zu lang, deshalb sind die Versuche der dritten Reihe bei einer Versuchsdauer von 15 Tagen ausgeführt.

[1]) Bierema, Diss., Leipz.

Aus diesen Gründen gestatten die Ergebnisse dieser Versuche nicht, in so exakter Weise durch Vergleichszahlen den Einfluß von Jahreszeit und Witterung festzustellen, als dies bei den vorher besprochenen Versuchen der Fall war. Diese Einwirkungen lassen sich jedoch auf indirektem Wege mit genügender Sicherheit ermitteln.

Die am 16. Mai den ersten fünf Parzellen entnommenen Erdproben haben nach 10tägiger Versuchsdauer vom ursprünglich vorhandenen Ammoniakstickstoff folgende prozentische Mengen festgelegt.

Parzelle I	II	III	IV	V
13,24	14,22	13,81	16,47	16,0

Am 23. Juni wurden den letzten sechs Parzellen Erdproben entnommen. Die in diesen Erdproben vorhandenen Bakterien haben nach 20tägiger Versuchsdauer festgelegt in Prozenten:

Parzelle VI	VII	VIII	IX	X	XI
79,38	79,12	76,07	81,90	80,75	76,16

Nachdem am 28. August wiederum die Versuche bei 15tägiger Versuchsdauer mit Erdproben aus den ersten fünf Parzellen eingeleitet waren, waren hier die prozentischen Mengen festgelegten Stickstoffs folgende:

Parzelle I	II	III	IV	V
14,75	13,33	17,34	13,33	17,34

Die entsprechenden Werte für die Parzellen VI—XI, ebenfalls bei 15tägiger Versuchsdauer im Oktober, betragen:

Parzelle VI	VII	VIII	IX	X	XI
21,46	29,89	17,35	19,30	24,97	24,93

Aus den für die letzte Versuchsreihe mitgeteilten Zahlen geht hervor, daß die Intensität der Ammoniakfestlegung von

September zu Oktober trotz der geringen Feuchtigkeit in diesem Monat eine Steigerung erfahren hat. Vergleicht man die Septemberergebnisse mit den Maiergebnissen — die prozentische Menge ist ziemlich dieselbe — so folgt, daß im Mai die Tätigkeit der an der Festlegung beteiligten Bakterienspezies stärker war, als im September, denn die gleichen Mengen sind im September erst nach 15 Tagen, im Mai dagegen schon nach 10 Tagen festgelegt, daß aber die Intensität der Ammoniakfestlegung am 23. Juni größer war, als die im Mai, und damit ihren Höhepunkt erreichte, geht aus folgender Betrachtung hervor: nach 20 Tagen ist hier fünfmal soviel festgelegt als im Mai nach 10 Tagen. Wenn auch im allgemeinen die Bakterien sich in geometrischer Reihe vermehren, so ist diesem Bestreben in praxi in Kulturgefäßen sehr bald ein Ziel gesetzt durch die toxische Wirkung der sich anhäufenden Stoffwechselprodukte der Bakterien, die mit der Vermehrung derselben Hand in Hand geht. Nach geraumer Zeit tritt hier also ein Gleichgewichtszustand ein. Von da ab geht die Bakterientätigkeit wesentlich langsamer vor sich. Ein in dieser Hinsicht von mir unternommener Versuch bestätigt diese Tatsache auch für die bei diesem Prozesse beteiligten Mikroorganismen.

Am 28. August wurden einige Versuchskölbchen, welche dieselbe Nährlösung enthielten, wie die zu diesen Versuchen benutzte, mit Erde von Parzelle I geimpft.

Nach	10	Tagen	waren	festgelegt	9,12%
„	15	„	„	„	14,75%
„	20	„	„	„	18,46%

Im September ist also nach 20 Tagen nur etwa doppelt so viel umgesetzt worden wie nach 10 Tagen. Ende Juni ist aber nach 20 Tagen fünfmal soviel Ammoniak festgelegt, wie im Mai nach 10 Tagen. Daraus folgt, daß die Festlegung Ende Juni bedeutend intensiver war als im Mai.

Aus dem Mitgeteilten kann demnach mit Sicherheit gefolgert werden: während der 4 Zeitabschnitte, in denen die Untersuchung ausgeführt wurde, geschah die Ammoniakfest-

legung am intensivsten Ende Juni. Mitte Mai ist die Intensität größer als Ende August, Anfang Oktober ist sie wiederum größer als Ende August.

c) Salpeterfestlegung.

Die Ergebnisse für die Parzellen I—V der ersten Versuchsreihe fehlen aus dem oben angegebenen Grunde. — In der nachfolgenden Tabelle sind das jeweilige Datum der Probenahme und die Anzahl der Tage, die vom Beginn der Impfung bis zum Ausbleiben der Salpeterreaktion bei sämtlichen Parzellen verstrichen waren, zusammengestellt.

Tag der Probenahme	3. IV.	18. V.	23. VI.	28. VIII.	6. X.
Tagezahl bis zum Verschwinden der NO'_3-Reaktion	10	10	6	10	10

Aus den Zahlen geht hervor, daß die Intensität der Salpeterfestlegung im Sommer (23. VI.) am größten war, im Frühjahr (3. IV. und 16. V.) und im Herbst (28. VIII. und 6. X.) war sie beträchtlich geringer und zwar erreichte sie im Frühjahr ungefähr denselben Grad wie im Herbst.

2. Der Einfluß der Düngung.

Die Frage, inwieweit die Tätigkeit der Mikroorganismen des Bodens von der physikalischen und chemischen Bodenbeschaffenheit abhängt, ist schon wiederholt Gegenstand mehr oder minder umfangreicher Studien gewesen. Leider läßt die Methodik dieser Arbeiten manchmal zu wünschen übrig, da namentlich dem Faktor der Witterung und Jahreszeit oft gar nicht oder zu wenig Berücksichtigung geschenkt wurde. Es kann daher den Resultaten solcher Arbeiten nur geringe Wichtigkeit beigemessen werden. Dies gilt besonders von einer Arbeit Christensens, bei der sich das vollständige Außerachtlassen von Jahreszeit und Witterung ganz besonders empfindlich bemerkbar macht. In dem Abschnitte dieses Kapitels, das speziell dem Einfluß der Düngung auf die

Stickstoffassimilation gewidmet ist, wird hierauf ausführlich zurückzukommen sein.

Von den Arbeiten, die sich speziell mit dem Einfluß der Düngung auf die Bodenbakterien beschäftigen, sei vor allem erwähnt eine von Remy[1]), die sich eingehend mit dem Stande der Mikroflora auf kalkarmen und kalkreichen Böden beschäftigt. Wohltmann, H. Fischer und Schneider[2]) unterzogen dauernd verschieden gedüngte Parzellen des Poppelsdorfer Versuchsfeldes einer Untersuchung vorzüglich hinsichtlich der Peptonzersetzung und Nitrifikation. H. Fischer[3]) sowohl wie Schneider[4]) beschäftigten sich in einer anderen Arbeit speziell mit der Einwirkung des Kalkes auf die Azotobaktervegetation und auf die Stickstoffbildung im allgemeinen. Hierher gehören auch die Arbeiten von S. und H. Krzemieniewsky[5]). Christensen[6]) glaubte die mehr oder minder lebhafte Azotobakterentwickelung als Kriterium für Qualität und Quantität der im Boden vorhandenen Kalksalze und Phosphate ansehen zu dürfen. Heinze[7]) konstatierte wiederholt den günstigen Einfluß der Phosphorsäure auf die Azotobakterentwicklung. Dasselbe berichten Wilfahrt und Wimmer[8]). Lipmann[9]) fand die Azotobakterentwickelung in gewissem Grade proportional der im Boden vorhandenen leicht aufnehmbaren Phosphorsäure. Koch[10]) fand, daß die stickstoffbindenden Bakterien schärfer auf Phosphorsäure und Kalk reagieren, als

---

[1]) Remy, Centralbl. f. Bakter., Abt. II., Bd. **8**, p. 65, 7. Seine Untersuchungen werden fortgeführt von P. Ehrenberg, Landw. Jahrb. Bd. **33**, p. 1.

[2]) Wohltmann, H. Fischer u. Schneider, Journ. f. Landwirtsch., Bd. **52**, 1904, p. 97.

[3]) H. Fischer, Journ. f. Landwirtsch., Bd. **53**, 1905, p. 61, 289.

[4]) Schneider, Landw. Jahrbücher, Bd. **35**, 1906, Ergänzungsband 4, p. 63.

[5]) S. u. H. Krzemieniewsky, l. c.

[6]) Christensen, Centralbl. f. Bakteriol. Abt. II, Bd. **37**, p. 109.

[7]) Heinze, Landw. Jahrb. Bd. **35**, 1906, p. 910.

[8]) Wilfahrt u. Wimmer, Landw. Versuchsstationen **67**, 1907, p. 27.

[9]) Lipmann, New Jersey State Agr. Exp. Report 1906, p. 186.

[10]) Koch, Mitt. d. D. L. G. 1907, Stück 12, p. 110.

dies die Kulturpflanzen tun. Pillai[1]), von dessen Arbeit an geeigneter Stelle noch die Rede sein soll, konstatiert ebenfalls die günstige Wirkung der Phosphorsäure auf die stickstoffbindenden Organismen.

Was nun speziell die Ergebnisse meiner Versuche über die Düngung anbelangt, so erscheint es der besseren Übersicht halber wieder am zweckmäßigsten, nacheinander die fünf verschiedenen Umsetzungen unter diesem Gesichtspunkte zu erörtern.

a) Peptonzersetzung.

Um den Einfluß der Jahreszeit und Witterung nach Möglichkeit auszuschalten, sind in der hier folgenden Tabelle die bei der ersten ungedüngten Parzelle erhaltenen Ergebnisse in den drei Versuchszeiten jeweils = 100 gesetzt, und darauf die der Parzellen II – V bezogen. Ganz entsprechend wurde bei den Parzellen VI XI verfahren, wo die Befunde der ungedüngten Parzelle VIII = 100 gesetzt wurden.

		Zahlen f. Pepton „Merck“				Zahlen f. Pepton „Witte“			
		Reihe I	II	III	Mittel	Reihe I	II	III	Mittel
Parzelle I	Ungedüngt	100	100	100	100	100	100	100	100
„ II	Kalk	108	104	97	103	107	91	100	99
„ III	Kalk, Phosphors.	115	103	100	106	104	114	100	106
„ IV	Phosphorsäure, Kali, Kalk	115	104	98	106	107	97	100	101
„ V	Phosph., Kali, Chilesalp., Kalk	112	105	101	106	107	102	101	103
„ VI	Phosphorsäure, Kalk, Chilesalp.	104	98	96	99	118	103	108	110
„ VII	Phosphors., Kali	102	98	96	99	118	107	102	109
„ VIII	Ungedüngt	100	100	100	100	100	100	100	100
„ IX	Kali, Kalk	104	100	103	102	118	95	109	107
„ X	Ungedüngt	105	100	100	102	114	94	110	106
„ XI	Stalldünger	102	113	100	105	162	119	137	141

[1]) Pillai, l. c.

Im großen und ganzen sind die durch die Düngung hervorgerufenen Unterschiede bei der Peptonzersetzung nicht sonderlich große, d. h. die aus stickstoffhaltigen organischen Düngemitteln Ammoniak abspaltenden Bakterien werden durch die Düngung nur unwesentlich beeinflußt. Daß die XI. Parzelle höhere Zahlen aufzuweisen hat — namentlich bei den mit Pepton „Witte“ gewonnenen Zahlen tritt dies Verhalten in den Vordergrund — ist selbstverständlich, da durch den Stalldünger ja immer eine Menge „Peptonbakterien“ in den Boden gelangt. Außerdem haben diese Organismen auf einem mit Stalldünger versehenen gedüngten Boden ein reicheres Feld der Wirksamkeit vor sich — ein Umstand, der natürlich eine intensivere Vermehrung bedingt.

Was zunächst einen Vergleich der beiden Peptone anlangt, so zeigen diese Zahlen deutlich, daß Pepton „Witte“ die verschiedene Düngung differenzierter zum Ausdruck bringt als Pepton „Merck“. Die Zahlen zeigen hier größere Unterschiede, als die mit Pepton „Merck“ erlangten. Das gleiche Verhalten der beiden Peptone wurde konstatiert, als es sich um die Feststellung des Einflusses von Jahreszeit und Witterung handelte.

Die mit dem Merckschen Präparat gewonnenen Ergebnisse lassen eigentlich nur in der ersten Versuchsreihe deutliche Unterschiede erkennen. Das mehr oder minder vollständige Verschwinden in den nächsten Reihen ist durch den spezifischen Einfluß der Jahreszeit verursacht, ein Faktor, der ja durch das angewandte Vergleichsverfahren nicht vollständig, sondern nur nach Möglichkeit eliminiert werden konnte. Aus dem Grunde läßt auch der Durchschnitt der drei Reihen keine charakteristischen Unterschiede mehr erkennen.

Etwas anders verhalten sich die mit dem Witteschen Präparat gewonnenen Resultate. Hier zeigen die beiden ersten Versuchsreihen schon stärkere Unterschiede, und nur in der dritten Reihe macht sich der nivellierende Einfluß der Jahreszeit geltend. Aber diese Unterschiede decken sich in den verschiedenen Versuchsreihen durchaus nicht; die für die verschiedenen Parzellen beobachteten Unterschiede der ersten

Versuchsreihe stehen in gar keinem Verhältnis zu denen in den folgenden Reihen.

Charakteristische Unterschiede für die mit Phosphorsäure gedüngten Parzellen III—VII, die immer die höchsten Erträge geliefert hatten, treten nicht auf. In der beifolgenden Tabelle sind die Ernteergebnisse der Parzellen I—X in Vergleichszahlen angegeben, die für die ungedüngte Parzelle I gewonnenen Resultate = 100 gesetzt.

		1906 Klee	1907 Hafer	1908 Klee	Durchschnitt
Parzelle I	Ungedüngt	100	100	100	100
„ II	Kalk	102	100	105	102
„ III	Kalk, Phosph.	106	127	106	113
„ IV	Phosphors., Kali, Kalk	119	120	136	125
„ V	Phosphors., Kali, Chilesalp., Kalk	126	167	138	144
„ VI	Phosphors., Kali, Chilesalpeter	123	187	116	142
„ VII	Phosphors., Kali	111	147	110	123
„ VIII	Ungedüngt	96	133	91	107
„ IX	Kali, Kalk	100	147	85	111
„ X	Ungedüngt	102	140	90	111

Stellt man hier die Durchschnittszahlen der Ernteergebnisse mit den Durchschnittsergebnissen der Peptonzersetzungszahlen zusammen, außerdem noch mit den Zahlen der ersten Versuchsreihe, in der die Unterschiede am markantesten auftreten, so kann aus diesen Zahlen nicht die mindeste Beziehung zwischen der Tätigkeit der „Peptonbakterien“ und der Fruchtbarkeit gefolgert werden.

Parzelle	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Erntezahlen	100	102	113	125	144	142	123	107	111	111
Durchschnittszahlen für Pepton „Merck“	100	103	106	106	106	99	99	100	102	102
Durchschnittszahlen für Pepton „Witte“	100	99	106	101	103	110	109	100	107	106
Zahlen der I. Reihe für Pepton „Merck“	100	108	115	115	112	104	102	100	105	105
Zahlen der I. Reihe für Pepton „Witte“	100	107	104	107	107	118	118	100	108	114

Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind demnach in den Satz zusammenzufassen: die aus stickstoffhaltigen organischen Düngemitteln Ammoniak abspaltenden Bakterien des Ackerbodens reagieren in bedeutend geringerem Grade und in ganz anderer Weise auf die verschiedene Düngung, als dies die höheren Pflanzen — die angebauten Kulturgewächse — tun. Es ist daher nicht möglich, aus der Tätigkeit dieser Bakterienspezies einen Schluß auf das Düngerbedürfnis des betreffenden Bodens zu ziehen.

b) Nitrifikation.

Über die durch die Düngung veranlaßten Verschiedenheiten in der Gesamtmenge des nitrifizierten Stickstoffes orientiert die nachfolgende Übersicht. Die Zahlen wurden hier wiederum so gefunden, daß die Ergebnisse der ungedüngten Parzellen I bezw. VIII = 100 gesetzt, und danach die entsprechenden Umrechnungen vorgenommen wurden. In der Tabelle sind außerdem die Ernteergebnisse in Vergleichszahlen angegeben.

		Reihe I	II	III	Durchschnitt	Ernteergebnisse
Parzelle I	Ungedüngt	100	100	100	100	100
„ II	Kalk	94	88	97	93	102
„ III	Kalk, Phosphorsäure	110	107	97	105	113
„ IV	Phosphor, Kali, Kalk	109	118	92	106	125
„ V	Phosphor, Kalk Kali, Chilesalp.	124	107	109	113	144
„ VI	Phosphor, Kali, Chilesalpeter	97	116	103	105	142
„ VII	Phosphor, Kali	107	84	123	105	123
„ VIII	Ungedüngt	100	100	100	100	107
„ IX	Kali, Kalk	102	91	105	99	111
„ X	Ungedüngt	76	118	27	97[1])	111
„ XI	Stalldünger	135	105	18	120[1])	vakat

[1]) Bei Parz. X und XI sind infolge der anormal minimalen Menge nitrifizierten Stickstoffes in der 3. Reihe die Durchschnittsergebnisse aus den ersten beiden Reihen berechnet.

Wie man sieht, ergeben sich hier für die einzelnen Parzellen deutlich wahrnehmbare Unterschiede, wenn auch die Differenzen keine sonderlich großen sind. Wenn man die für die einzelnen Reihen berechneten Zahlen ohne weiteres mit den Ernteergebnissen vergleichen wollte, so würde man hier kaum Beziehungen aufstellen können, wenn auch zugegeben werden muß, daß die mit Phosphorsäure gedüngten Parzellen III—VII in der Regel höhere Werte erbracht haben als die übrigen. Erst die Durchschnittsresultate mit den Ernteergebnissen verglichen, zeigen unzweideutig, wie überall auf den mit Phosphorsäure gedüngten Parzellen die Zahlen um ein Kleines höher sind, als auf den übrigen. Die Phosphorsäure übt im allgemeinen also einen günstigen Einfluß auf die Nitrifikation aus. Jedoch scheinen die bei diesem Prozeß beteiligten Mikroorganismen für Phosphorsäure nicht in dem Maße dankbar zu sein, wie die angebauter Gewächse. Wohltmann, H. Fischer und Schneider[1]) fanden, daß außer Phosphorsäure Kalk die nitrifizierenden Bakterien günstig beeinflusse. Die Ergebnisse meiner Arbeit sprechen nicht dafür; die mit Kalk gedüngten Parzellen VI und XI (Kalk und Kali) weisen keine hohen Zahlen auf. Allerdings sind die Parzellen III—V außer mit Phosphorsäure auch mit Kalk gedüngt; aber ich stehe nicht an, die größere Menge nitrifizierten Stickstoffes aufs Konto der Phosphorsäure zu setzen.

c) Stickstoffassimilation.

Hier seien zunächst wiederum die Verhältniszahlen, wie sie sich für die einzelnen Parzellen ergeben, angeführt, nachdem der Einfluß der Jahreszeit in der schon früher angegebenen Weise eliminiert wurde.

Die Zahlen weisen markante Unterschiede auf, die auf die verschiedene Düngung zurückzuführen sind. Jedoch weichen die in den verschiedenen Versuchsreihen für die einzelnen Parzellen erlangten Befunde mitunter so erheblich von einander ab, daß es unbedingt erforderlich erscheint, die

[1]) l. c., p. 114.

Versuche mehrmals im Jahre zu wiederholen und erst aus dem Durchschnitt aller Versuchsreihen Schlüsse zu ziehen. Auch bei den Versuchen über Nitrifikation ergaben erst die Durchschnittsergebnisse gewisse Übereinstimmung mit den Ernteergebnissen.

	Reihe I	II	III	Mittel
Parzelle I	100	100	100	100
„ II	57	129	48	78
„ III	68	340	72	160
„ IV	57	290	90	146
„ V	116	308	95	173
„ VI	113	185	129	142
„ VII	118	139	129	129
„ VIII	100	100	100	100
„ IX	107	128	113	116
„ X	103	112	113	109
„ XI	112	127	195	145

Die für die ungedüngte Parzelle I ermittelten Assimilationseffekte sind im März und Oktober beträchtlich größer als die mit ihnen verglichenen der Parzellen II—IV, ein Verhalten, das natürlich im vollkommenen Gegensatze zu den Ernteergebnissen steht. Nur die sehr hohen Stickstoffgewinne, die sich für diese Parzellen in der zweiten Versuchsreihe im Mai ergaben, haben die Ergebnisse einigermaßen zu kompensieren vermocht. Die zweite Hälfte der Parzellen, VI—XI, wo die Befunde der ungedüngten Parzelle VIII = 100 gesetzt wurden, trägt den Ernteerträgen besser Rechnung. Die Zahlen für die ungedüngte Parzelle X sind etwas höher als die für VIII, in Übereinstimmung mit den Ernteerträgnissen. Die mit Phosphorsäure gedüngten Parzellen VI und VII haben entsprechend ihren hohen Erträgen durchweg auch hohe Stickstoffzahlen aufzuweisen. Die Zahlen für Parzelle VI sind höher als die für VII, ein Analogon zeigen die Ernteerträge. Auch die Stickstoffgewinne der mit Kali und Kalk gedüngten XI. Parzelle stehen im Verhältnis zu den Erträgen. Von Parzelle XI

liegen keine Ertragszahlen vor. Auffallend ist hier der hohe Assimilationswert im Oktober, der durch die Bodenbearbeitung hervorgerufen ist.

Stellt man die Durchschnittsergebnisse der Stickstoffzahlen den betreffenden Parzellen gegenüber,

Parzelle	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Durchschnittliche Stickstoffzahl	100	78	160	146	173	142	129	100	116	109
Ernteergebnisse	100	102	119	125	144	142	123	107	111	111

so sieht man deutlich, wie die Parzellen mit den höheren Erträgen, d. h. die mit Phosphorsäure gedüngten III—IV, auch den höchsten Stickstoffgewinnen entsprechen. Unter diesen sind es wiederum die außerdem noch mit Kalk gedüngten Parzellen III—IV, die sowohl die höchsten Erträge, als auch die höchsten Stickstoffzahlen aufzuweisen haben, während eine einseitige Kalkdüngung (Parzelle II) die Bakterientätigkeit nicht zu fördern scheint. Sind außerdem noch hinreichende Mengen Kali im Boden vorhanden (Parzelle IX), so ist allerdings eine bedeutende Steigerung des Assimilationseffekts zu bemerken. A. Koch[1]) hat auf Grund einiger gelegentlicher Beobachtungen die Vermutung ausgesprochen, daß die N-bindenden Bakterien schärfer auf Phosphorsäure und Kalk reagierten, als dies bei den landwirtschaftlichen Nutzpflanzen der Fall ist. Pillai[2]) konnte diese Annahme bestätigen. Die zweite Versuchsreihe meiner Versuche und ebenso der Durchschnitt aller drei Reihen haben ebenfalls auf den mit Phosphorsäure gedüngten Parzellen Stickstoffzahlen gezeitigt, die im allgemeinen bedeutend höher sind, als die in ähnlicher Weise berechneten Erntezahlen. Indes geht dies Verhalten aus Pillais Versuchen weit deutlicher hervor, als aus den meinigen. Woltmann, H. Fischer und Schneider[3]), ebenso wie Pillai[2]), konstatierten, daß eine Chilesalpetergabe für die Stickstoff assimilierenden Bakterien im allgemeinen nicht günstig wirke.

[1]) Koch, Mittlgn. d. D. L. G., 1907, p. 118.
[2]) Pillai, Diss., Lpz. 1908, p. 66.
[3]) Wohltmann, H. Fischer, A. Schneider, l. c., p. 97.

Auch Berthelot[1]) hatte sich schon früher in ähnlichem Sinne ausgesprochen, daß Chilesalpeter, wie überhaupt jede einseitige Stickstoffdüngung, hemmend auf die Stickstoffassimilation einwirkt. Bei meinen Versuchen fehlt eine lediglich mit Stickstoff gedüngte Parzelle. Indes ist aus den Assimilationsergebnissen auf Parzelle V und VI, die auch Chilesalpeter enthielten, dieser hemmende Einfluß nicht zu ersehen; im Gegenteil — die Befunde auf diesen Parzellen stehen sehr unter dem günstigen Zeichen der Phosphorsäure.

Christensen[1]) hat in einer größeren Arbeit, betitelt: „Über das Vorkommen und die Verbreitung des Azotobacter chroococcum in verschiedenen Böden" in etwas anderer Weise als es hier geschehen ist, verschiedene Bodenarten auf ihre Stickstoff assimilierende Fähigkeit geprüft; er kommt dort auf p. 382 unter anderen zu folgenden Ergebnissen:

„1. Das Vorkommen von Azotobakter chroococcum und seine Verbreitung in verschiedenen Böden steht im engen Zusammenhange mit der Basizität des Bodens (namentlich dessen Gehalt an $CaCO_3$).

2. In der Entwickelung von Azotobakter, welche in einer Mannit und Kaliumphosphat enthaltenden Nährflüssigkeit erzeugt wird, kann man einen biologischen Ausdruck für den Gehalt des Bodens an $CaCO_3$ erhalten.

3. Will man sich lediglich eine biologische Reaktion auf den Gehalt eines Bodens an $CaCO_3$ verschaffen, so erhält man eine solche schärfer und sicherer, sowie auch unabhängig von dem Zugegensein von Azotobakter im Boden, wenn man der erwähnten Flüssigkeit außer der Impferde noch eine kleine Portion Azotobakterrohkultur zufügt."

Als Azotobactervegetation bezeichnet Christensen überhaupt die Stickstoff bindenden Bodenmikroorganismen in ihrer Gesamtheit. Die Methodik des genannten Forschers ist keineswegs als exakt zu bezeichnen. Erstens berücksichtigt er den stark modifizierenden Einfluß der Jahreszeit in keiner Weise. Dann bemißt er die Intensität der „Azotobakterentwickelung"

[1]) Christensen, Centralbl. f. Bakteriol. II., Bd. XVII, p. 109 ff.

nach vier Graden: (+) schwach, (+ +) stark, (+ + +) üppig, (+ + + +) sehr üppig, die er durch Vergleichen feststellt.

Wenngleich den Versuchsergebnissen bei einer derartigen Methodik von vornherein kein hoher wissenschaftlicher Wert beigemessen werden kann, so habe ich doch Christensens Versuche wiederholt, allerdings mit der wichtigen Abänderung, daß ich den assimilierten Stickstoff quantitativ bestimmte und so exakte und in jeder Weise einwandfreie Resultate erzielte. Zu den Versuchen benutzte ich die auch von Christensen verwendete Beyerinksche Nährlösung:

20,0 Mannit
0,2 K_2HPO_4
1000,0 dest. Wasser.

Jeder Versuchskolben enthielt davon 100 ccm, 10 g Erde und eine Impfung mit einer Azotobakterrohkultur, wie dies Christensen in Punkt 3 der seiner Arbeit angefügten Zusammenfassung angibt.

Die Ergebnisse dieser Versuche findet man in Tabelle III in der zweiten Reihe unter II[1]).

Wenn man auch hier wiederum die übliche Umrechnung vornimmt, um Vergleichszahlen zu erhalten, diese mit den für die zweite Versuchsreihe ermittelten und den Erntegewichtszahlen vergleicht, so ergibt sich folgende Übersicht (s. nächste S.):

Die Resultate der mit Azotobacterrohkultur in wässriger Mannitlösung durchgeführten Versuche stehen in fast diametralem Gegensatze zu den Versuchen in Bodenextrakt. Während die Stickstoffzahlen der Bodenextrakt enthaltenden Versuchskölbchen den Einfluß der Phosphorsäuredüngung gut wiedergeben und auch in einem gewissen Verhältnis zu den Ernteergebnissen stehen, ist dies bei den mit wässriger Mannitlösung beschickten und mit Azotobacter geimpften durchaus nicht der Fall. Die ungedüngte Parzelle X hat die höchsten Stickstoffgewinne

[1]) Da sich die mit den beiden Erdproben erzielten Resultate immer wie die Parallelen verhielten, so sind in der zweiten Reihe die Parallelen fortgelassen, und statt dessen die Christensenschen Versuche angestellt; auch hier verhielten sich, wie man sieht, die beiden Erdproben wie Parallelen.

erzielt. Auch auf den anderen beiden ungedüngten Parzellen I und VIII ist verhältnismäßig viel Stickstoff assimiliert. Die nur mit Kalk gedüngte Parzelle II weist die niedrigsten Befunde auf. Die außer mit Kalk noch mit Kali gedüngte V. Parzelle hat zwar mehr assimiliert, indes ist im Verhältnis mit der zum Vergleich dienenden ungedüngten VIII. Parzelle kein Unterschied zu konstatieren.

Düngung			Zahlen der 2. Reihe in Bodenextrakt ohne Impfung	Zahlen nach Christensens modifizierter Methode	Ernteresultate
Parzelle	I	Ungedüngt	100	100	100
„	II	Kalk	129	63	102
„	III	Kalk, Phosphorsäure	340	66	113
„	IV	Kalk, Phosphors., Kali	290	82	125
„	V	Phosphors., Kali, Kalk, Chilesalp.	308	82	144
„	VI	Phosphors., Kali, Chilesalpeter	185	122	142
„	VII	Phoshpors., Kali	135	104	123
„	VIII	Ungedüngt	100	100	107
„	IX	Kalk, Kali	128	100	111
„	X	Ungedüngt	112	144 (!)	111
„	XI	Stalldünger	127	105	vakat.

Diese Tatsachen stehen also im vollkommenen Gegensatze zu den Feststellungen Christensens, denen zufolge eine derartig zusammengesetzte Nährlösung besonders gut auf Kalk reagieren sollte. Die mit dem Mannit-Bodenextrakte ohne Azotobacterimpfung durchgeführten Versuche zeichnen sich durch scharfe Reaktion auf Phosphorsäure und Phosphorsäure zusammen mit Kalk aus und lassen durchgehends befriedigende Übereinstimmungen mit den Ernteergebnissen erkennen. Aus den Versuchen nach Christensen läßt sich überhaupt nichts folgern. Christensen hat bei seinen Versuchen den Einfluß

der Jahreszeit überhaupt nicht berücksichtigt. Man könnte annehmen, daß die zu einer anderen Zeit erzielten Versuchsergebnisse zugunsten Christensens sprechen würden, und die Ursache für seine durchaus von meinen Befunden abweichenden Resultate dürften auf jenen Umstand zurückzuführen sein. Wahrscheinlich ist eine solche Annahme jedoch nicht. Vielleicht ist der Fehler auch bei Christensens Folgerungen in der mangelhaften Methodik zu erblicken. Wahrscheinlich ist, daß beide Faktoren hier mit im Spiele sind. Für die Unzulänglichkeiten der Christensenschen Behauptungen, sowie auch seiner ganzen Arbeitsweise sprechen ebenfalls die negativen Befunde Pillais[1]). Pillai unterzog im Juni 1907 in derselben Weise, wie ich, die Christensenschen Beobachtungen einer Nachprüfung. Allerdings dehnte er seine Untersuchungen auf nur 3 Parzellen aus. Das uns hier Interessierende ist in folgender Übersicht zusammengestellt:

		Stickstoffwerte mit Azotobakterimpfung
Parzelle I	Ungedüngt	6,52
„ II	Kalk	7,02
„ III	Stalldünger	6,94

Ein günstiger Einfluß des Kalkes auf die assimilatorische Tätigkeit der Bodenmikroorganismen ist nicht zu ersehen — das Plus von 0,08 mg auf der mit Kalk gedüngten II. Parzelle liegt innerhalb der Fehlergrenze.

d) Ammoniakfestlegung.

In der Tabelle IV am Schlusse meiner Arbeit sind die nicht festgelegten Ammoniakmengen angegeben. Als Basis für die hier angeführten Vergleichszahlen dienten die Mengen festgelegten Stickstoffes.

[1]) Pillai, l. c., p. 64 ff.

	Reihe I	II	Durchschnitt
Parzelle I	100	100	100
„ II	106	89	98
„ III	108	115	111
„ IV	123	115	119
„ V	121	114	118
„ VI	104	128	116
„ VII	107	180	125
„ VIII	100	100	100
„ IX	100	111	109
„ X	106	132	119
„ XI	108	150	129

Die Unterschiede sind, mit Ausnahme der für die Parzellen VI—XI geltenden Zahlen im Oktober, keine sonderlich großen; mit anderen Worten: diese Bakterienarten werden durch die angewandte Düngung nicht wesentlich beeinflußt. Immerhin ist die Vorliebe für die mit Phosphorsäure gedüngten Böden (Parzelle III—VII) nicht zu verkennen. Auf der ungedüngten X. Parzelle ist die Bakterientätigkeit reger als auf der ungedüngten VIII. Parzelle. Das gleiche Verhalten war bezüglich der Stickstoffbindung zu bemerken und steht im Einklang mit den Ernteerträgen auf den betreffenden Parzellen. Auf Parzelle XI sind die festgelegten Mengen am größten; auf dieser mit Stalldünger gedüngten Parzelle sind ja auch die Lebensbedingungen für diese Bakterien am günstigsten: Neben einer hinreichenden Menge von Phosphorsäure sind organische Stoffe im Stalldünger reichlich vorhanden, ebenfalls Ammoniak und Ammoniak liefernde Stoffe. — Wie wir weiter oben gesehen haben, war ja auch die Fähigkeit, aus Pepton Ammoniak abzuspalten, am größten auf dieser mit Stalldünger gedüngten Parzelle, eben deshalb, weil der Stalldünger reich an Stickstoff in organischer Bindung ist und deshalb auch reich an einer hierauf angepaßten Bakterienflora. Es ist indes nicht zu befürchten, daß die Tätigkeit dieser Ammoniak festlegenden Bakterien dem Landwirt im allgemeinen von Schaden sein

könnte, in dem Sinne etwa, daß das, was von den Peptonbakterien in Ammoniak verwandelt wäre, nun wiederum durch die hier in Frage kommenden Bakterien festgelegt würde und so den höheren Pflanzen entzogen würde. Im Gegenteil: die Praxis spricht ja schon dagegen. Die von mir in geeigneten Nährlösungen erlangten Befunde können natürlich nicht in direkte Beziehung gesetzt werden mit den im Freien vor sich gehenden Umsetzungen, da sie ja unter besonders günstigen Umständen zustande kamen. In der Tat überwiegen die Ammoniak abspaltenden Bakterien bei weitem; selbst im frischen Stalldünger pflegt die Ammoniakentwickelung ziemlich kräftig zu verlaufen, obgleich im frischen Stalldünger infolge der alkalischen Reaktion und den reichlichen Mengen organischer Stoffe den ammoniakfestlegenden Bakterien günstigere Lebensbedingungen geboten sind, als in einem mit Stalldünger gedüngten Acker. Aber die mehrere Jahre lang andauernde langsame Wirkung des Stalldüngers wird zum Teil wenigstens auf die Tätigkeit dieser und der im nächsten Abschnitt zu besprechenden Salpeter festlegenden Bakterien zurückzuführen sein.

e) Salpeterfestlegung.

Die Resultate dieser Umsetzungsversuche zeigen sich in keiner Weise durch die Düngung beeinflußt. Sobald einmal die Festlegung in einem Kölbchen stattgefunden hat, folgen die anderen sofort hinterher, d. h. die verschiedene Düngung wirkt auf die Salpeterfestlegung nicht ein. Zwar ist die Festlegung auf den ersten beiden Parzellen in der zweiten und dritten Reihe am frühesten erfolgt. Während indes in der zweiten Reihe die Festlegung auf der IV. Parzelle zuletzt erfolgte, ist sie in der 3. Reihe teilweise auch schon zu Anfang geschehen. Die Parallelen verhalten sich hier oft durchaus nicht gleichmäßig.

Zusammenfassung.

Die Hauptergebnisse der vorstehend besprochenen Untersuchungen können in folgenden Sätzen zusammengefaßt werden:

Das durch den Lebensprozeß zahlreicher Mikroorganismen hervorgerufene biochemische Verhalten des Ackerbodens ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Die Hauptrolle spielt hierbei die Jahreszeit. Die verschiedene Art der Düngung wirkt nicht in dem Maße auf die Bakterientätigkeit ein, wie die Jahreszeit. Eine noch unbedeutendere Rolle spielt hier im allgemeinen die Witterung. Den mehr oder minder hohen Grad der Intensität biochemischer Umsetzungsprozesse ohne weiteres als Ausdruck für das Düngerbedürfnis eines Bodens anzusehen, ist nicht statthaft und kann zu groben Irrtümern Anlaß geben. Wenn auch im allgemeinen die hierbei beteiligten Mikroorganismen auf in bestimmter Weise gedüngten Böden eine intensivere Tätigkeit zu entfalten pflegen, so können doch Jahreszeit, Witterung, Bodenbearbeitung und andere Faktoren mitunter recht beträchtliche Abweichungen von diesem Verhalten bedingen. Erst der Durchschnitt mehrerer, zu verschiedener Jahreszeit unternommener Versuche kann daher einen gewissen Anspruch auf Gültigkeit in dem hier in Frage kommenden Sinne erheben.

Im einzelnen ist über die von mir untersuchten fünf Umsetzungen folgendes zu sagen:

1. Bei der Peptonzersetzung fand von Anfang März bis Ende Juni ein Ansteigen der Ammoniak abspaltenden Tätigkeit statt, von da ab ging der Intensitätsgrad bis zum Oktober wieder zurück. Das Oktober-Minimum war etwas höher als das März-Minimum. Unterschiede, die durch die verschiedene Art der Düngung bedingt sind, traten zwar auf, jedoch waren die Abweichungen so unregelmäßig, und so minimale, daß daraus irgendwelche Schlüsse nicht gezogen werden können. Der „Zersetzungsgrad“ der mit Stalldünger gedüngten Parzelle war etwas größer, als der nur mit mineralischen

Substanzen gedüngte. Pepton „Witte“ reagierte bedeutend schärfer auf diese Einwirkungen als Pepton „Merck“.

2. Bei der Nitrifikation machte sich der Einfluß der Jahreszeit in der Weise geltend, daß, entgegen den Beobachtungen von Löhnis im Jahre 1904, im Sommer (23. VI.) der Höhepunkt der Nitrifikation erreicht wurde. Die Intensität im Herbst im Vergleich zum Frühjahr war äußerst gering. Auf den mit Phosphorsäure gedüngten Parzellen war in Übereinstimmung mit den Ernteerträgen auf diesen Teilstücken mehr nitrifiziert, als auf denen, die keine Phosphatgabe erhielten. Auch die mit Stalldünger gedüngte Parzelle lieferte, wenigstens im Frühjahre und Sommer, verhältnismäßig hohe Umsetzungswerte.

3. Bei der Stickstoffassimilation war von Anfang März bis Mitte Mai ein starkes Anwachsen zu bemerken, von da an erfolgte eine Abnahme in Übereinstimmung mit Löhnis' und Pillais Resultaten. Zum Herbst war wiederum ein Anstieg erfolgt, der aber auf den, keiner Bodenbearbeitung unterzogenen Parzellen I—X in geringerem Maße stattgefunden hat, als auf der XI. Parzelle, wo durch die Kartoffelernte eine Bodenlockerung vorgenommen war. — Die mit Phosphorsäure gedüngten Parzellen haben bedeutend mehr Stickstoff assimiliert als die ohne Phosphorsäure. Auch die Assimilationswerte auf der mit Stalldünger gedüngten Parzelle sind als hoch zu bezeichnen. Pillais und Kochs Beobachtungen, daß die Stickstoff bindenden Bakterien schärfer auf Phosphorsäure reagieren, als die höheren Pflanzen, fanden also Bestätigung. Christensens Behauptung, eine Nährlösung nach Beyerinck mit Azotobacterrohkultur-Impfung reagiere scharf auf Kalk und Phosphorsäure, erwies sich dagegen als durchaus unzutreffend.

4. Die Ammoniakfestlegung erfolgte am intensivsten Ende Juni. Mitte Mai war die Intensität größer, als Ende August, Anfang Oktober wiederum größer als Ende August. Auf den mit Phosphorsäure gedüngten Parzellen, sowie auch der mit Stallmistdüngung versehenen Teilstücke war der Grad

der Ammoniakfestlegung um ein Geringes höher, als auf den übrigen Parzellen.

5. Im Sommer war die Intensität der Salpeterfestlegung größer als im Frühjahr und Herbst. Von der verschiedenen Art der Düngung scheint diese Umsetzung kaum beeinflußt zu werden.

Vorliegende Arbeit wurde im bakteriologischen Laboratorium des Landwirtschaftl. Instituts der Universität Leipzig ausgeführt. — An dieser Stelle möchte ich es nicht unterlassen, meinen hochverehrten Lehrern, Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. Kirchner, sowie Herrn Privatdozent Dr. Löhnis, auf dessen Anregung hin diese Arbeit entstanden ist, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen.

Anhang: Tabellen.

Tabelle I. Peptonzersetzung.

Durch MgO abgespaltener Ammoniakstickstoff in mg.

Parzelle Nr.	Parallele	1. Reihe (12. III. und 3. IV)						2. Reihe (16. V. und 23. VI.)						3. Reihe (28. VIII und 6. X.)					
		Pepton „Merck“			Pepton „Witte“			Pepton „Merck“			Pepton „Witte“			Pepton „Merck“			Pepton „Witte“		
		steril	Probe I	ProbeII	steril	Probe I	ProbeII	steril	Probe I	ProbeII	sterit	Probe I	ProbeII	steril	Probe I	ProbeII	steril	Probe I	ProbeII
I	a)	2,92	31,78	31,92	0,95	17,90	17,45	3,22	41,60	40,60	1,19	35,56	33,88	3,01	39 20	40,04	0,98	39,80	39,45
	b)	3,11	31,92	30,73	0,76	18,30	17,02	3,20	43,68	42,56	1,05	34,02	34,65	3,01	40.04	39,20	0,98	38,50	39,20
	Mittel	3,02	31,85	31,33	0,86	18,10	17,24	3,21	42,14	41,08	1,12	34,79	34,27	3,01	39,62	39,62	0,98	39,15	39,33
II	a)	2,92	32,13	33,60	0,95	18,27	18,90	3,22	43,96	43,96	0,91	31,72	32,08	3,01	38,78	39,20	0,98	40,60	38,50
	b)	3,11	35,00	34,09	0,66	20,14	18,27	3,22	42,00	42,00	0,91	31,50	31,92	2,80	37,80	38,03	0,70	37,57	39,90
	Mittel	3,02	33,57	33,85	0,81	19,21	18,59	3,22	42,98	42,98	0,91	31,60	32,00	2,91	38,29	38,62	0,84	39,09	39,20
III	a)	3,11	34,68	34,44	0,76	18,20	18,20	3,22	42,70	42,70	0,79	38,14	38,64	2,80	39,06	39,20	0,95	39,20	39,20
	b)	3,04	36,40	35,84	0,66	18,20	18,20	3,22	43,82	42,42	0,98	40,58	39,57	2,90	39,20	40,18	1,05	39,20	39,20
	Mittel	3,08	35,54	35,14	0,71	18,20	18,20	3,22	43,26	42,56	0,84	39,36	39,10	2,85	39,13	39,67	1,00	39,20	39,20
IV	a)	3,11	35,72	35,42	0,76	19,60	18,25	2,80	43,40	42,98	0,84	35,00	34,30	3,20	38,78	38,78	0,84	39,20	37,68
	b)	3,04	35,42	35,72	0,76	17,30	19,60	2,94	41,44	43,12	0,84	31,64	32,21	2,80	39,20	39,60	0,78	39,90	39,20
	Mittel	3,08	35,57	35,57	0,76	18,45	18,98	2,87	42,42	43,50	0,84	32,48	33,26	3,00	38,99	38,92	0,81	39,55	38,44
V	a)	2,92	34,44	34,30	0,85	18,20	18,20	2,94	43,40	42,58	0,60	34,65	34,79	2,78	38,50	40,18	0,78	38,50	40,18
	b)	3,11	34,51	34,51	0,66	19,60	19,60	2,94	42,70	44,11	0,60	34,30	34,54	3,04	40,18	40,04	0,68	39,87	39,20
	Mittel	3,02	34,48	34,41	0,71	18,90	18,90	2,94	43,50	43,35	0,60	34,48	34,67	2,91	39,34	40,11	0,73	39,19	39,69

VI	a)	3,01	41,02	41,72	1,40	29,96	29,96	3,00	42,98	44,80	0,70	42,84	41,30	3,01	37,08	37,08	0,98	25,20	25,20
	b)	3,01	41,72	41,30	1,33	31,78	31,78	3,00	43,36	44,66	0,70	41,30	42,00	3,01	34,46	35,00	1,02	23,34	25,20
	Mittel	3,01	41,37	41,51	1,37	30,87	30,87	3,00	43,17	44,73	0,70	42,07	41,65	3,01	35,77	36,04	1,00	24,27	25,20
VII	a)	2,80	41,16	40,74	1,26	31,50	31,50	3,12	43,40	44,24	0,98	44,38	44,38	2,76	37,52	37,13	1,02	24,08	23,60
	b)	3,01	41,30	40,10	1,26	30,52	30,52	3,07	45,08	43,68	0,98	42,98	42,98	2,80	36,40	35,95	0,84	23,34	24,08
	Mittel	2,91	41,23	40,42	1,26	31,01	31,01	3,10	44,14	43,96	0,98	43,68	43,68	2,78	36,96	36,54	0,93	23,71	23,84
VIII	a)	3,01	39,76	39,76	1,33	26,25	26,22	2,98	44,44	45;92	0,84	40,74	40,60	2,80	38,50	36,65	0,84	22,80	22,80
	b)	2,76	40,32	40,32	0,98	26,56	25,90	2,89	44,52	44,52	0,70	40,60	40,60	2,80	36,96	37,84	0,84	23,34	24,08
	Mittel	2,89	40,04	40,04	1,16	26,41	26,06	2,94	44,48	45,22	0,77	40,67	40,60	2,80	37,73	37,25	0,84	23,07	23,44
IX	a)	2,80	41,46	41,46	1,26	30,80	30,80	2,94	44,66	44,52	0,98	39,20	37,80	2,67	38,64	38,64	1,18	26,60	25,20
	b)	2,80	40,74	41,46	1,19	31,78	30,52	2,94	44,52	44,52	0,70	37,90	39,20	3,01	38,64	38,64	1,26	25,70	25,84
	Mittel	2,80	41,10	41,46	1,23	31,29	30,66	2,94	44,59	44,52	0,84	38,55	38,50	2,84	38,64	38,64	1,22	26,15	25,52
X	a)	2,59	41,50	42,00	1,26	31,78	32,34	3,01	43,82	43,82	0,84	36,40	37,94	2,94	37,24	37,24	1,26	26,60	26,60
	b)	2,80	42,70	41,30	1,33	28,14	27,02	3,12	43,46	46,06	0,84	37,94	39,20	3,00	38,08	38,08	0,70	24,54	25,20
	Mittel	2,70	42,10	41,65	1,30	29,96	29,68	3,06	43,64	44,94	0,84	37,17	38,57	2,97	37,66	37,66	0,98	25,57	25,90
XI	a)	2,80	41,30	41,30	1,33	42,36	42,30	2,98	44,10	44,10	0,84	49,14	48,30	2,96	37,80	36,96	0,98	32,14	32,34
	b)	2,76	39,62	42,00	1,33	41,60	41,60	2,94	44,80	44,80	0,84	47,60	47,60	2,90	37,52	37,24	0,98	31,75	31,75
	Mittel	2,76	40,46	41,15	1,33	41,95	41,95	2,96	44,45	44,45	0,84	48,37	47,95	2,93	37,66	37,10	0,98	31,05	32,05

Tabelle II (Nitrifikation). Stickstoff in mg.

Parzelle Nr.	Parallele	1. Reihe (12. III. u. 3. IV.)				2. Reihe (16. V. u. 23. VI.)				3. Reihe (28. VIII. u. 6. X.)			
		steril		geimpft		steril		geimpft		steril		geimpft	
		Ammon-N	Nitrat-N	Probe I	Probe II	Ammon-N	Nitrat-N	Probe I	Probe II	Ammon-N	Nitrat-N	Probe I	Probe II
I	a)	—	—	4,62	4,72	—	—	4,98	5,18	—	—	3,50	3,22
	b)	—	—	4,32	4,08	—	—	4,12	4,36	—	—	3,22	3,50
	Mittel	10,58	1,26	4,47	4,40	10,64	1,40	4,55	4,27	10,42	0,28	3,36	3,36
II	a)	—	—	4,06	5,04	—	—	4,06	4,06	—	—	3,22	3,64
	b)	—	—	4,06	4,12	—	—	4,12	4,28	—	—	3,38	3,08
	Mittel	10,70	1,26	4,06	4,58	10,68	1,40	4,09	4,17	10,38	0,28	3,30	3,36
III	a)	—	—	4,95	4,95	—	—	5,32	4,20	—	—	3,50	3,08
	b)	—	—	4,95	5,04	—	—	5,04	5,02	—	—	3,50	3,08
	Mittel	10,84	1,40	4,95	5,00	10,72	1,54	5,18	4,64	10,38	0,28	3,50	3,08
IV	a)	—	—	5,32	5,66	—	—	4,90	4,76	—	—	3,50	3,32
	b)	—	—	5,74	5,48	—	—	4,90	5,18	—	—	3,22	2,38
	Mittel	10,96	1,96	5,53	5,57	10,60	1,26	4,90	4,97	10,22	0,28	3,36	2,85
V	a)	—	—	4,97	5,53	—	—	5,04	5,04	—	—	3,64	3,78
	b)	—	—	5,32	4,88	—	—	4,20	4,20	—	—	3,78	3,84
	Mittel	10,56	1,26	5,15	5,21	10,70	1,26	4,62	4,62	10,22	0,30	3,71	3,81
VI	a)	—	—	5,46	5,32	—	-	7,70	7,98	—	—	2,80	2,40
	b)	—	—	5,60	5,60	—	—	7,70	7,84	—	—	2,06	2,18
	Mittel	10,70	1,54	5,53	5,46	10,56	1,74	7,70	7,91	10,42	0,28	2,43	2,29
VII	a)	—	—	6,16	6,16	—	—	5,74	5,60	—	—	2,52	2,98
	b)	—	—	5,98	6,04	—	—	5,46	5,60	—	—	2,52	2,88
	Mittel	10,90	1,62	6,07	6,10	10,58	1,34	5,60	5,60	10,38	0,28	2,52	2,93
VIII	a)	—	—	5,95	5,88	—	—	6,72	6,86	—	—	2,31	2,31
	b)	—	—	5,45	5,58	—	—	6,72	6,86	—	—	2,45	1,98
	Mittel	10,82	1,57	5,70	5,73	10,60	1,54	6,72	6,86	10,38	0,28	2,38	2,15
IX	a)	—	—	5,32	5,57	—	—	6,02	6,44	—	-	2,31	2,31
	b)	—	—	5,55	5,68	—	—	6,58	6,44	—	—	2,31	2,48
	Mittel	10,64	1,40	5,44	5,63	10,54	1,60	6,30	6,44	10,22	0,28	2,31	2,39
X	a)	—	—	4,62	4,35	—	—	7,60	7,42	—	—	1,12	1,08
	b)	—	—	4,62	4,46	—	–	7,70	7,42	—	—	0,42	0,58
	Mittel	10,76	1,40	4,62	4,41	10,56	1,40	7,65	7,42	10,22	0,28	0,77	0,82
XI	a)	—	—	7,42	7,42	—	—	7 42	7,28	—	—	0,91	0,84
	b)	—	—	7,23	7,35	—	—	6,44	6,44	—		0,42	0,42
	Mittel	10,80	1,78	37,3	7,39	10,56	1,40	6,93	6,86	10,22	0,28	0,67	0,62

Tabelle III. Stickstoffassimilation. Stickstoff in mg.

Parzelle Nr.	Parallele	1. Reihe (12. III. u. 3. IV.) steril Probe I	steril ProbeII	geimpft Probe I	geimpft ProbeII	2. Reihe (16. V. u. 23. VI.) steril Probe I in Bodenextr. u. Löhnis	steril ProbeII in dest. Wasser n. Christensen	geimpft Probe I in Bodenextr. u. Löhnis	geimpft ProbeII in dest. Wasser n. Christensen	3. Reihe (28. VIII. u. 6. X.) steril Probe I	steril ProbeII	geimpft Probe I	geimpft ProbeII
I	a)	—	—	11,20	10,36	—	—	12,88	21,00	—	—	18,06	17,22
	b)	—	—	11,62	10,50	—	—	13,01	21,14	—	—	18,06	19,60
	Mittel	8,82	7,88	11,41	10,43	8,78	9,29	12,95	21,07	9,98	8,89	18,06	18,41
II	a)	—	—	10,85	10,87	—	—	14,00	16,94	—	—	14,70	15,26
	b)	—	—	10,85	10,50	—	—	13,88	16,52	—	—	14,70	13,72
	Mittel	9,38	9,24	10,85	10,69	9,24	9,24	13,94	16,73	10,78	10,22	14,70	14,50
III	a)	—	—	10,50	10,64	—	—	21,14	15,82	—	—	15,96	15,40
	b)	—	—	10,50	10,08	—	—	21,00	15,68	—	—	15,56	15,62
	Mittel	8,90	8,40	10,50	10,36	8,82	8,40	21,07	15,75	8,80	9,82	15,71	15,51
IV	a)	—	—	12,46	12,18	—	—	19,60	17,64	—	—	18,90	18,90
	b)	—	—	11,06	12,18	—	—	19,60	19,60	—	—	18,90	17,78
	Mittel	10,50	10,50	11,76	12,18	9,01	9,01	19,60	18,62	10,90	10,02	18,90	17,84
V	a)	—	—	13,58	13,58	—	—	18,90	19,46	—	—	19,20	18,46
	b)	—	—	12,18	12,18	—	—	19,60	17,64	—	—	18,46	18,04
	Mittel	7,56	8,26	12,88	12,88	11,29	9,59	19,25	18,55	10,22	10,22	18,83	18,25
VI	a)	—	—	14,70	14,71	—	—	21,00	21,70	—	—	15,82	15,82
	b)	—	—	14,70	14,70	—	—	21,00	22,40	—	—	14,28	14,94
	Mittel	10,87	11,34	14,70	14,71	10,50	10,50	21,00	22,05	10,50	10,34	15,05	15,38
VII	a)	—	—	14,84	15,68	—	—	19,10	20,44	—	—	16,38	14,00
	b)	—	—	14,84	14,68	—	—	19,80	20,40	—	—	15,68	15,68
	Mittel	11,34	11,20	14,84	15,18	11,20	10,08	19,45	20,42	10,90	11,20	16,03	14,84
VIII	a)	—	—	13,86	14,56	—	—	16,94	23,10	—	—	14,70	14,70
	b)	—	—	13,92	13,74	—	—	16,10	17,50	—	—	14,98	14,98
	Mittel	10,85	10,85	13,98	14,15	10,50	11,20	16,52	20,30	12,04	10,36	14,84	14,84
IX	a)	—	—	14,56	13,86	—	—	18,20	20,44	—	—	15,12	15,68
	b)	—	—	14,28	13,65	—	—	19,04	21,00	—	—	15,12	15,68
	Mittel	11,34	10,08	14,42	13,76	11,06	11,48	18,62	20,72	12,04	10,36	15,12	15,68
X	a)	—	—	14,00	13,86	—	—	16,10	25,20	—	—	16,24	14,08
	b)	—	—	14,28	14,08	—	—	17,08	22,40	—	—	13,16	15,28
	Mittel	10,64	10,64	14,14	13,93	10,08	10,22	16,59	23,80	10,12	10,78	14,70	14,68
XI	a)	—	—	13,02	12,46	—	—	16,80	19,88	—	—	21,00	21,28
	b)	—	—	14,00	14,49	—	—	17,22	19,60	—	—	21,00	21,14
	Mittel	9,80	10,08	13,51	13,48	9,80	9,80	17,01	19,74	13,02	13,02	21,00	21,21

Tabelle IV. Ammoniakfestlegung.

Nicht festgelegter Ammoniakstickstoff in mg.

Versuchsreihe	Erdprobe	Parallele	Parzellen: I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
2. Reihe: bei Parzelle I—V (Probenahme: 16. V.) erfolgte die Destillation mit MgO nach 10 Tagen, bei Parzellen VI—XI (Probenahme: 23. VI.) nach 20 Tagen	I.	steril	21,16	21,40	21,40	21,60	21,50	21,68	21,80	21,76	21,36	21,00	21,58
		a)	18,56	17,92	18,56	17,92	18,62	4,40	3,88	5,10	4,66	3,70	3,70
		b)	18,48	18,56	18,40	17,78	17,36	4,40	3,88	5,24	5,10	3,70	3,70
		Mittel	18,52	18,24	18,48	17,85	17,99	4,40	3,88	5,17	4,88	3,70	3,70
	II.	steril	21,16	21,08	21,32	21,32	21,00	21,40	21,08	21,44	21,24	21,60	21,40
		a)	18,20	18,20	18,34	18,20	17,36	4,54	3,88	5,10	4,24	4,60	3,70
		b)	18,20	18,20	18,34	17,92	18,34	4,40	3,88	5,38	5,10	4,40	3,70
		Mittel	18,20	18,20	18,34	18,06	17,85	4,47	3,88	5,24	4,67	4,50	3,70
3. Reihe: Destillation mit MgO nach 15 Tagen	I.	steril	21,48	21,49	21,24	21,20	21,32	21,47	21,24	21,40	21,20	21,48	21,32
		a)	18,20	18,90	17,78	17,48	16,80	17,50	15,70	18,20	16,80	16,82	15,68
		b)	18,20	18,75	18,20	16,80	17,36	16,50	15,12	17,58	18,20	16,54	16,22
		Mittel	18,20	18,83	17,99	17,14	17,08	17,00	15,41	17,89	17,50	16,68	15,89
	II.	steril	21,09	21,50	21,56	21,20	21,08	21,58	21,36	21,20	21,40	21,48	21,18
		a)	17,50	18,66	16,80	18,20	18,20	17,02	15,70	18,20	16,54	15,54	15,68
		b)	18,20	18,20	17,98	17,98	17,68	16,80	15,12	16,80	17,20	16,82	15,68
		Mittel	17,85	18,43	17,39	18,09	17,94	16,91	15,41	17,50	16,87	16,68	15,68

Tabelle V. Nitratstickstoffestlegung.

Die Zahlen geben die Anzahl der Tage nach der Impfung an; (X) = Vorhandensein der NO_3-Reaktion; (—) = Ausbleiben der Reaktion; (•) = vakat.

Parzelle Nr.	Erdprobe	Parallele	1. Reihe (12. III. und 3. IV.)						2. Reihe (16. V. und 23. VI.)							3. Reihe (28. VIII. u. 6. X.)			
			5	6	7	8	9	10	4	5	6	7	8	9	10	7	8	9	10
I	1.	a)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	X	—	—	X	X	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	—	—	—	X	X	X	—
	2.	a)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	—	—	—	X	X	X	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	—	—	—	X	X	—	—
II	1.	a)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	—	—	—	X	X	X	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	—	—	—	X	X	—	—
	2.	a)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	—	—	—	X	X	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	—	—	—	X	X	—	—
III	1.	a)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	X	—	—	X	X	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	X	—	—	X	X	—	—
	2.	a)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	X	—	—	X	X	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	X	—	—	X	X	—	—
IV	1.	a)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	X	X	—	X	X	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	X	X	—	X	X	—	—
	2.	a)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	X	X	—	X	X	X	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	X	X	—	X	X	X	—
V	1.	a)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	—	—	—	—	X	—	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	—	—	—	—	X	—	—	—
	2.	a)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	X	—	—	X	X	X	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	X	X	—	—	—	X	X	X	—
VI	1.	a)	X	X	X	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—
	2.	a)	X	X	X	X	X	—	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	—	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—
VII	1.	a)	X	X	X	X	—	—	X	X	—	—	—	—	—	X	—	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	—	—	—	—	—	X	—	—	—
	2.	a)	X	X	X	X	—	—	X	X	—	—	—	—	—	X	—	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	—	—	—	—	—	X	—	—	—
VIII	1.	a)	X	X	X	X	X	—	X	X	—	—	—	—	—	X	X	X	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	—	—	—	—	—	X	X	X	—
	2.	a)	X	X	X	X	X	—	X	X	—	—	—	—	—	X	X	X	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	X	—	—	—	—	—	X	X	X	—
IX	1.	a)	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—
	2.	a)	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—
X	1.	a)	X	X	X	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X	X	X	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	—	—	—	—	—	—	X	X	X	—
	2.	a)	X	X	X	—	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X	X	X	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	—	—	—	—	—	—	X	X	X	—
XI	1.	a)	X	X	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—
	2.	a)	X	X	X	X	—	—	X	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—
		b)	•	•	•	•	•	•	X	—	—	—	—	—	—	X	—	—	—

Tabelle VI.
Witterung vom März bis Oktober 1908.

Monat	Tag	Temperatur (° C)		Tage mit Nachtfrost	Niederschläge		Sonnenschein			Bewölkung in %
							Dauer			
		Mittlere Tagestemperatur	Bodentemp. in 10 cm Tiefe		in mm	Tage mit Niederschlag	Stdn.	Min.	Tage	
März	1.—10.	3,00	1,50	8	5,0	1	25	54	9	
	11.—20.	1,50	2,30	8	12,4	5	5	53	4	
	21.—31.	4,20	2,80	7	3,4	2	55	54	9	70
	1.—31.	3,00	2,2	23	20,8	8	87	41	22	
	Gg. normal:	−0,1			−18,2					+ 4
April	1.—10.	4,18	3,53	6	2,39	6	16	24	6	
	11.—20.	4,78	4,64	3	20,7	6	29	02	5	
	21.—30.	7,00	5,60	3	9,1	1	50	03	10	
	1.—30.	5,32	4,89	12	53,7	13	95	29	21	72
	Gg. normal:	−2,2			+ 9,7					+ 9
Mai	1.—10.	11,73	9,04		26,8	7	27	35	8	
	11.—20.	14,52	12,24		22,3	5	54	35	10	
	21.—31.	14,30	12,56		80,7	9	55	34	11	95
	1.—31.	13,53	11,28		139,8	21	137	44	29	
	Gg. normal:	+1,7			+87,8					+36
Juni	1.—10.	16,03	15,20		10,9	3	77	13	10	
	11.—20.	18,42	16,16		10,6	4	96	20	10	
	21.—30.	16,50	17,64		7,0	2	71	20	9	
	1.—30.	17,0	16,3		28,5	9	244	53	29	37
	Gg. normal:	+2,1			−41,5					−23
August	21.—31.	16,2	14,4		22,2	4	40	32	9	
	1.—31.	15,4	14,6		64,6	12	163	09	30	57
	Gg. normal:	−0,9			− 2,4					− 1
September	1.—10.	13,45	12,34		22,0	3	47	52	9	
	11.—20.	12,28	12,06		6,0	4	43	34	9	
	21.—30.	12,30	11,90		1,4	1	56	36	9	
	1.—30.	12,7	12,10	1	29,4	8	148	02	27	50
	Gg. normal:	−1,0			−16,6					− 7
Oktober	1.—10.	13,47	12,58	2			66	17	9	
	11.—20.	8,35	9,19	3			39	39	6	
	21.—31.	5,50	5,86	7	2,0	1	48	23	10	
	1.—31.	9,11			2,0	1	154	19		54
	Gg. normal:	+0,21			−65,0					−12

Lebenslauf.

Ich, Rudolf Moll, evangel. Konfession, wurde geboren am 8. Oktober 1886 zu Arolsen (Westf.) als Sohn des Apothekenbesitzers Friedrich Moll. Meinen ersten Schulunterricht erhielt ich auf der dortigen Elementarschule. Von Ostern 1896 — nach der inzwischen erfolgten Übersiedelung meiner Eltern nach Braunschweig — besuchte ich das Herzogl. Wilhelm-Gymnasium daselbst. Diese Anstalt verließ ich nach bestandener Reifeprüfung im Herbst 1905, um mich dem Studium der Naturwissenschaften, vornehmlich dem der Chemie zu widmen. Nachdem ich je ein Semester in Freiburg i. B. und Jena studiert hatte, bin ich seit Wintersemester 1906/07 in Leipzig immatrikuliert. Hier bestand ich im Februar 1908 das chemische Verbandsexamen und arbeitete darauf weiter im Landwirtschaftlichen Institute, wo ich auch die hier eingereichte Arbeit anfertigte.